

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

Kvalita příjmu digitálního televizního satelitního vysílání

Reception Quality of Digital Satellite Broadcasting

2013

Bc. Petr Malík

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Malík

Studijní program:

N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601T013 Telekomunikační technika

Téma:

Kvalita příjmu digitálního televizního satelitního vysílání
Reception Quality of Digital Satellite Broadcasting

Zásady pro vypracování:

1. Popis možností příjmu digitálního televizního vysílání.
2. Teoretický rozbor problematiky šíření a příjmu satelitního televizního signálu.
3. Praktické měření kvalitativních parametrů televizního signálu DVB-S/S2.
4. Analýza naměřených hodnot.

Seznam doporučené odborné literatury:

Maral G., Bousquet M.: Satellite Communications Systems - Systems, Techniques and Technology, Wiley, 2011, ISBN: 978-0-470-71458-4
Saunders S., Zavala A.: Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems, Wiley, 2007, ISBN: 978-0-470-84879-1

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Šebesta, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 29. 4. 2013


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Romanovi Šebestovi Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce.

Abstrakt

Práce obsahuje stručný popis možností příjmu digitálního televizního vysílání. Detailněji je zde popsáno šíření, zpracování a příjem digitálního satelitního televizního vysílání. Hlavním cílem bylo zjistit jaký vliv má počasí na příjem satelitní televize a jak se mění kvalitativní parametry příjmu v závislosti na vychýlení přijímací antény. Pro přesné stanovení vychýlení byla navržena metoda, která je společně s ostatní metodikou popsána v kapitole číslo 3. Vliv vychýlení na parametry příjmu je jednotlivě rozebrán pro více druhů parabolických antén a pro oba typy polarizace signálu. Pro zjištění vlivu počasí jsou kvalitativní parametry srovnávány v čase s meteorologickými daty, která byla převzata z Českého hydrometeorologického ústavu. Na základě detailního rozboru byly popsány závislosti mezi parametry počasí a parametry příjmu. Shrnutí a doporučení jsou uvedena v závěru.

Klíčová slova

DVB-S, DVB-S2, satelitní televize, MER, C/N, RF, BER, vychýlení, intenzita srážek, parabolická anténa, ofsetová anténa, digitální televizní vysílání, DVB, FEC, PER, LNB, konvertor.

Abstract

In this dissertation are described reception possibilities of a digital video broadcasting. Spreading, processing and receiving of the digital satellite broadcasting are worked more detailed. The main objective of this thesis is to discover and describe the influence of the weather on the reception quality of the satellite broadcasting and influence of antennas deflection on reception parameters. For accurate measure of deflection was founded a method, depicted in chapter three as well as the other methods of measuring. The influence of deflection is analyzed separately for each type of parabolic antennas and for both types of polarization. Qualitative parameters of the reception are compared with meteorological data in time, which are taken from Czech Hydrometeorological Institute. Influences between the weather and reception parameters are described on the basis of thorough analyze. Summary and recommendations are presented at the end of this thesis.

Key words

DVB-S, DVB-S2, satellite broadcasting, MER, C/N, RF, BER, deflection, rain rate, parabolic antenna, offset dish antenna, digital video broadcasting, DVB, FEC, PER, LNB, converter.

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
Δ	cm	Rozdíl v obvodu
a	cm	Strana trojúhelníku BC
AITU	dB	Útlum dle modelu ITU-R P.618-10
A_L	dB	Útlum přímé el. mag. vlny
b	cm	Strana trojúhelníku CA
BER	-	Bitová chybovost
c	cm	Strana trojúhelníku AB
C/N	dB	Odstup nosná-šum
d	cm	Průměr těla konvertoru
Dr	km	Délka trasy
e	°	Elevace antény
EIRP	dBw	Ekvivalentní izotropně vyzářený výkon
ha	km	výška přijímací antény
hr	km	Výška bodu 0 dle doporučení ITU-R P.839-1
Hr	%	Relativní vlhkost vzduchu
I	mm/hod	Intenzita srážek
k	-	Tabulkový parametr dle ITU-R P.838-3
K	-	Délka kódového omezení
L	-	Ztráta při šíření el. mag. vlny prostorem
m	-	Počet stavů
MER	dB	Modulační chybovost
mp	kg	Hmotnost vodní páry ve vzduchu
MP	kg	Hmotnost vodní páry v nasyceném vzduchu

N	-	Kódový poměr
n	-	Kódové slovo
o	cm	Obvod těla konvertoru
P	W	Přijímaný výkon
P01	W	Normálový výkon
P02	V	Referenční hodnota
PdBμV	dB μ V	Přijímaná úroveň signálu
PdBm	dBm	Přijímaná úroveň signálu
r	m	Dráha šíření
R	mm/hod	Intenzita dešťových srážek
RF	dB μ V	Úroveň signálu
s	cm	Pomocná veličina
U	V	Napětí
z	-	Zdrojové slovo
α	-	Tabulkový parametr dle ITU-R P.838-3
α	°	Úhel vychýlení
γ	db/km	Útlum na jeden kilometr
δ	°	Změna středového úhlu oblouku
λ	m	Vlnová délka
π	-	Ludolfovo číslo
Φ	°	Zeměpisná šířka

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický význam	Český význam
100/H	100 / Horizontal	Parabola 100 cm a horizontální polarizace
100/V	100 / Vertical	Parabola 100 cm a vertikální polarizace
60/H	60 / Horizontal	Parabola 60 cm a horizontální polarizace
60/V	60 / Vertical	Parabola 60 cm a vertikální polarizace
ACM	Adaptive Coding and Modulation	Adaptivní kódování a modulace
APSK	Asymmetric Phase-Shift Keying	Asymetrické fázové klíčování
ASK	Amplitude-Shift Keying	Amplitudové klíčování
B	Bidirectional Predicted Frame	Prokládací snímky
BER	Bit Error Rate	Bitová chybovost
BERi	Bit Error Rate input	Vstupní bitová chybovost
BERo	Bit Error Rate output	Výstupní bitová chybovost
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem	Cyklický opravný kód
BCH BER	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem Concatenation Code.	Chybovost bloků paketů
BSS	Broadcasting Satellite Service	Satelitní služby, část pásma Ku
C/N	Carrier to Noise	Odstup nosná-šum
CABAC	Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding	Kontextové adaptivní binární aritmetické kódování
CSV	Comma-Separated Values	Hodnoty oddělené čárkou
ČHMÚ	Czech Hydrometeorological Institute	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Czech Republic	Česká republika
DCT	Discrete cosine transform	Diskrétní kosinová transformace

DFT	Discrete Fourier Transform	Diskrétní Fourierova transformace
DSLam	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Multiplexní zařízení k připojení více uživatelů
DTS	Digital Theatre System	Systém reprodukce zvuku
DVB	Digital Video Broadcasting	Digitální televizní vysílání
DVB-C	Digital Video Broadcasting – Cable	Kabelové digitální televizní vysílání
DVB-C2	Digital Video Broadcasting – Second Generation Cable	Kabelové digitální televizní vysílání druhé generace
DVB-H	Digital Video Broadcasting – Handheld	Digitální televizní vysílání pro mobilní zařízení
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellite	Satelitní digitální televizní vysílání
DVB-S/S2	DVB-S & DVB-S2	DVB-S a DVB-S2
DVB-S2	Digital Video Broadcasting - Second Generation Satellite	Satelitní digitální televizní vysílání druhé generace
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial	Pozemní digitální televizní vysílání
DVB-T/T2	DVB-T & DVB-T2	DVB-T a DVB-T2
DVB-T2	Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial	Pozemní digitální televizní vysílání druhé generace
DVD	Digital Video Disc	Video disk
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power	Ekvivalentní izotropně vyzářený výkon
EPG	Electronic Program Guide	Programový průvodce

FEC	Forward Error Correction	Dopředná korekce chyb
FSK	Frequency-Shift Keying	Frekvenční klíčování
FSS	Fixed-Satellite Service	Fixní satelitní služby, část pásma Ku
GSE	Generic Stream Encapsulation	Obecný datový tok
HD	High Definition	Vysoké rozlišení
HDMI	High-Definition Multi-media Interface	Rozhraní pro přenos obrazu a zvuku
I	Intra Frame	Klíčové snímky
IPTV	Internet Protocol Television	Televize přes internetový protokol
LDPC	Low Density Parity Check	Lineární opravný kód
LNB	Low-Noise Block Converter	Satelitní konvertor
LNB Quad	Low-Noise Block Converter Quad	Satelitní konvertor pro 4 přijímače
LNB Quattro	Low-Noise Block Converter Quattro	Satelitní konvertor pro více jak 4 přijímače
LNB skew	LNB skew	Sklon polarizační roviny
LNC	Low-Noise Block Converter	Satelitní konvertor
MER	Modulation Error Rate	Modulační chybovost
MP3	MPEG-2 Audio Layer III	MPEG-2 zvuková vrstva 3
MPEG	Motion Picture Experts Group	Audio-video formát
MUX	Multiplex	Multiplex
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Ortogonalně frekvenčně dělený multiplex
P	Predicted Frame	Pomocné předpověditelné snímky
PER	Packet Error Rate	Chybovost paketu
PPV	Pay-Per-View	Zpoplatněné zhlédnuté pořady

PSK	Phase-Shift Keying	Fázové klíčování
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Kvadrurní amplitudová modulace
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying	Kvadrurní fázové klíčování
RF	Radio Frequency Power	Úroveň signálu
RLE	Run-Length Encoding	Bezztrátová kompresní metoda
RS	Reed-Solomon Code	Reed-Solomonův kód
S/N	Signal to Noise	Odstup signál-šum
SD	Standard Definition	Normální rozlišení
SDI	Serial Digital Interface	Sériové digitální rozhraní (Studiový formát)
SPR	LNB skew	Sklon polarizační roviny
TS	Transport Stream	Transportní proud
UHF	Ultra High Frequency	Ultra krátké vlny
UNC	Packet Error Rate	Chybovost paketu
USB	Universal Serial Bus	Univerzální sériová sběrnice
VCM	Variable Coding and Modulation	Variabilní kódování a modulace
VHF	Very High Frequency	Velmi krátké vlny
VoD	Video on Demand	Video na požádání
VoIP	Voice over Internet Protocol	Internetová telefonie
VŠB-TUO	VŠB-Technical University of Ostrava	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Obsah

Úvod	1
1 Digitální televizní vysílání	2
1.1 Digitální satelitní televizní vysílání.....	2
1.1.1 Družice	3
1.2 Digitální pozemní televizní vysílání	6
1.2.1 DVB-T2.....	8
1.3 Digitální kabelové televizní vysílání.....	9
1.3.1 DVB-C2	10
1.4 Digitální televizní vysílání pro mobilní zařízení	10
1.5 IPTV	11
2 Způsob šíření, příjmu a zpracování DVB-S/S2 signálu	13
2.1 Způsob šíření satelitního signálu.....	13
2.1.1 Šíření ve volném prostoru	13
2.1.2 Vedlejší útlumové vlivy	13
2.1.3 Model pro výpočet útlumu přenosové cesty.....	14
2.2 Zpracování satelitního signálu - modulace.....	17
2.2.1 Fázové klíčování	17
2.2.2 Složené modulace.....	18
2.2.3 Oprava chyb	19
2.3 Zpracování satelitního signálu - komprese.....	20
2.3.1 Komprese u DVB-S	21
2.3.2 Komprese u DVB-S2	22
2.4 Způsob příjmu satelitního signálu.....	22
2.4.1 Úroveň.....	23
2.4.2 Odstup nosná-šum	23

2.4.3	Bitová chybovost.....	24
2.4.4	Modulační chybovost	25
2.4.5	PER a BCH BER.....	25
3	Metodika měření	27
3.1	Měřicí zařízení	27
3.1.1	Analyzátor DVB.....	27
3.1.2	Parabolická anténa.....	28
3.1.3	Konvertor	29
3.2	Metodika měření vlivu vychýlení na kvalitu příjmu	31
3.2.1	Ideální nasměrování – maximální hodnoty parametrů příjmu	31
3.2.2	Horizontální vychýlení	32
3.2.3	Vertikální vychýlení	35
3.2.4	Vychýlení konvertoru.....	37
3.2.5	Měřené multiplexy	40
3.3	Metodika dlouhodobého měření.....	41
3.3.1	Meteorologická data	42
4	Rozbor dat	44
4.1	Vliv vychýlení na kvalitu signálu.....	44
4.1.1	Vliv vychýlení na výstupní bitovou chybovost BERo	44
4.1.2	Vliv horizontálního vychýlení na přijímané kvalitativní parametry	45
4.1.3	Vliv vertikálního vychýlení na přijímané kvalitativní parametry	47
4.1.4	Srovnání vlivu vertikálního a horizontálního vychýlení	48
4.1.5	Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry	50
4.2	Vliv počasí na kvalitu signálu	51
4.2.1	Vliv teploty na kvalitu signálu	52
4.2.2	Vliv vlhkosti na kvalitu příjmu	54
4.2.3	Vliv intenzity srážek na kvalitu příjmu	55

4.2.4	Vliv intenzivních sněhových srážek na kvalitu příjmu	58
4.3	Konstelační diagramy.....	60
Závěr	62
Použitá literatura	64
Seznam příloh	69

Úvod

Cílem této diplomové práce je analyzovat příčiny změny kvalitativních parametrů satelitního příjmu se zaměřením na vliv vychýlení přijímací antény na kvalitu přijímaného signálu a vliv počasí na kvalitativní parametry přijímaného signálu. Jedná se o digitální satelitní televizní vysílání, to znamená, že oproti analogovému televiznímu vysílání, se snížená kvalita příjmu projevuje kostičkováním obrazu, výpadky obrazu a zvuku, které narušují plynulost přehrávání. Dále může snížená kvalita příjmu způsobit výpadek jednotlivých bodů obrazu.

V první kapitole jsou popsány základní systémy, díky kterým můžeme sledovat digitální televizní vysílání. Je zde popsána architektura jednotlivých systémů a princip vysílání. Kapitola také obsahuje zmínky o nástupcích dnes již stárnoucích systémů.

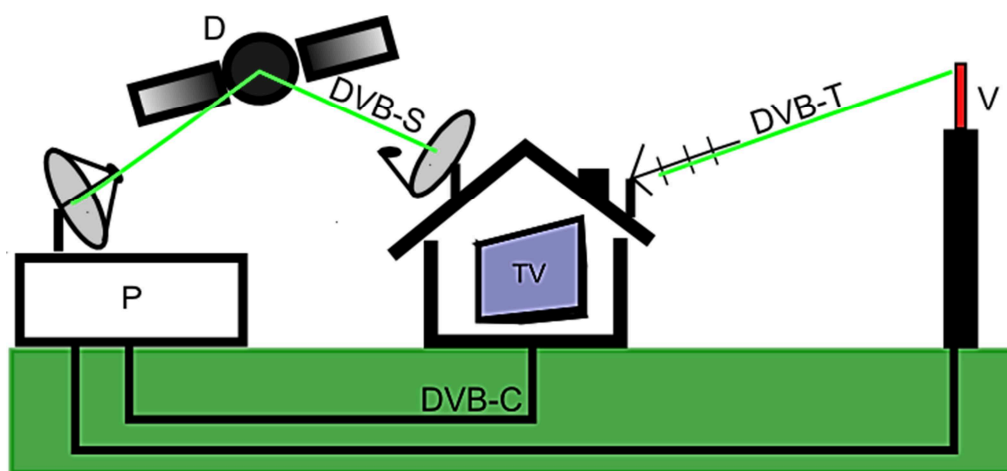
Druhá kapitola obsahuje detailní popis digitálního satelitního televizního vysílání. Je zde obsažena teorie ohledně šíření satelitního signálu a také je zde popsán model, dle kterého se dá vypočítat případný útlum způsobený dešťovými srážkami. Kapitola také obsahuje možnosti zpracování a příjmu signálu. Ty jsou podobné pro všechny typy digitálního televizního vysílání.

Kapitola tři obsahuje popsanou metodiku, kterou se analyzují závislosti mezi vychýlením či počasím a kvalitou příjmu. Je zde také popsána metoda, která byla navržena pro tuto diplomovou práci, a která využívá goniometrických funkcí k zjištění vychýlení antény.

Ve čtvrté kapitole jsou naměřená data vyhodnocena. Jsou zde popsány vlivy různých vychýlení antény na kvalitu příjmu a rozebrány závislosti mezi meteorologickými parametry a kvalitativními parametry příjmu.

1 Digitální televizní vysílání

Na obrázku 1 je zobrazena zjednodušená architektura vysílání digitální televize. Schéma obsahuje tři základní systémy, využívající se pro vysílání digitální televize. Na schématu je zobrazen dům, ve kterém je pomyslně umístěn televizor, na kterém chceme přijímat digitální televizi (TV), ten má tři vstupy pro příjem digitální televize v podobě ofsetové antény, antény pro příjem pozemního vysílání a kabelu. DVB-S je označení ve schématu pro satelitní příjem, DVB-T pro pozemní příjem a nakonec DVB-C pro kabelový příjem. Satelitní příjem je prováděn pomocí družice (D). Pozemní vysílání probíhá pomocí pozemního vysílače (V). Kabelová televize DVB-C se šíří kabelovým vedením. Důležitým prvkem je poskytovatel služeb digitální televize (P). V tomto bloku se provádí obstarání televizního materiálu, komprese, modulace a multiplexování pro každý systém zvlášť.



Obrázek 1: Schéma digitálního televizního vysílání

1.1 Digitální satelitní televizní vysílání

Architektura digitálního satelitního televizního vysílání DVB-S (Digital Video Broadcasting – Satellite) je zobrazena na obrázku 1. Vysílání je zde uskutečňováno pomocí družic, které jsou vyneseny na oběžnou dráhu a jsou nastaveny tak, aby byly synchronizovány s otáčením země, a tudíž, aby pokrývaly stejnou oblast země po celou dobu jejich funkce. Jsou umístěny ve vzdálenosti přibližně 36000 km nad povrchem Země v oblasti rovníku. Jejich umístění se udává pomocí zemské délky, odpočítané od nultého poledníku. Například družice Astra 3B je umístěna 23,5E, což znamená 23,5 stupně východní délky. Družice vysílají pomocí transpondérů, které vysílají v pásmu Ku (10700 MHz – 12750 MHz).

Tabulka pásem používaných pro satelitní televizní vysílání je v příloze FF. Toto pásmo se dále dělí na vysílací satelitní služby BSS (Broadcasting Satellite Service), které obsahuje kmitočty 11700 MHz – 12500 MHz a na fixní satelitní služby FSS (Fixed-Satellite Service), které obsahují kmitočty 12500 MHz – 12750 MHz.

Šíření, příjem a zpracování DVB-S/S2 jsou podrobněji popsány v kapitole 2. Pro příjem satelitní televize je nutné mít přijímací anténu, která se skládá z paraboly a konvertoru. Tyto jsou popsány v kapitole 3.2. Dále je nutné mít přijímač, který zpracovává signál zachycený anténou. V České republice funguje několik společností, které nabízejí příjem českých i zahraničních televizních stanic. Uživatel od poskytovatele obdrží kartu, která umožňuje příjem placených televizních stanic, které daná společnost nabízí svým zákazníkům v různých programových balíčcích. Většina dostupných televizních stanic je placených, tudíž pro obyčejného uživatele je zakoupení karty od poskytovatele služeb nezbytnost. Pro naše měření to ale vůbec nezbytnost není. Placený kanál se na měřicím přístroji zachytit dá a dají se změřit všechny hodnoty jako u volných kanálů. S tím rozdílem, že nelze uskutečnit projekci dané televizní stanice, což ale na výsledky měření nemá žádný dopad.

Televizní stanice jsou u satelitního vysílání řazeny do multiplexů. Frekvence, která je měřená, obsahuje celý multiplex, tudíž několik televizních a radiových stanic, podobně jako u DVB-T. Pokud chce uživatel příjem z více družic, může se tento problém řešit dvěma způsoby. Buď se umístí více konvertorů na jednu parabolu, kdy budou využívat různých odrazů, nebo lze použít polohovací zařízení, které otáčí celou parabolou. Dalším častým problémem je příjem satelitní televize do více než jednoho televizoru. Toto se řeší konvertory s více výstupy, podle počtu televizorů. Každý výstup z konvertoru musí ústít do vlastního přijímače, více v kapitole 3.1.3.

1.1.1 Družice

V tabulce 1 je uveden seznam nejvýznamnějších družic pokrývajících území České republiky s parametry pro území Ostrava - Poruba. V prvním sloupci je uvedeno jméno společnosti, která poskytuje v České republice satelitní televizní vysílání. V druhém sloupci je uveden název družice. Ve třetím je uvedena souřadnice zemské délky, kde je družice umístěna. Elevace je sklon paraboly ke kolmici k zemskému povrchu. Azimut je natočení ve směru sever-východ-jih. SPR je sklon polarizační roviny, jinými slovy, natočení konvertoru. Možnosti natočení jsou popsány v kapitole 3.2.

Tabulka 1: Seznam družic pokrývajících území ČR

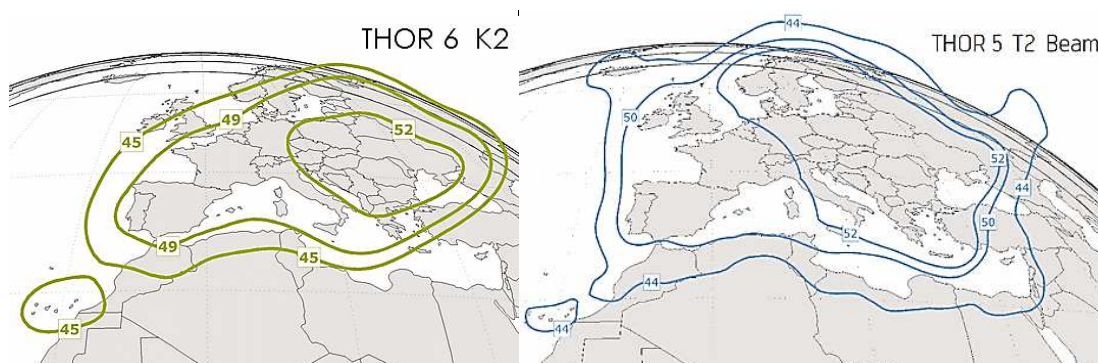
Společnost	Družice	Umístění	Elevace [°]	Azimut [°]	SPR [°]
UPC Digi TV	Thor 5 Thor 6	0,8 W	30,1	204,3	+15,4
Digi TV	IntelSat 10-02	1 W	30,1	204,3	+15,4
CS Link Skylink T-Mobile	Astra 3B	23,5 E	32,7	173,1	+3
MTV	Astra 1M	19,2 E	32,9	178,7	+6,7
Magio	Amos 3	4 W	29,1	208,1	+17,7

Každá družice nese transpondéry, což jsou vysílací části družice. Jejich směřováním vzniká svazek, neboli beam. Pro tyto svazky jsou pak vykreslovány mapy pokrytí s různou kvalitou pokrytí. Kvalita pokrytí je vyjádřena parametrem, který se nazývá ekvivalentní izotropně vyzářený výkon EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power). Parametr EIRP se udává při použití směrových antén, aby bylo zřejmé, jaký výkon by musela mít všesměrová anténa, aby dosáhla takového pokrytí. Jednotkou je dBW. Parametry jednotlivých družic jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Parametry družic pokrývajících území ČR

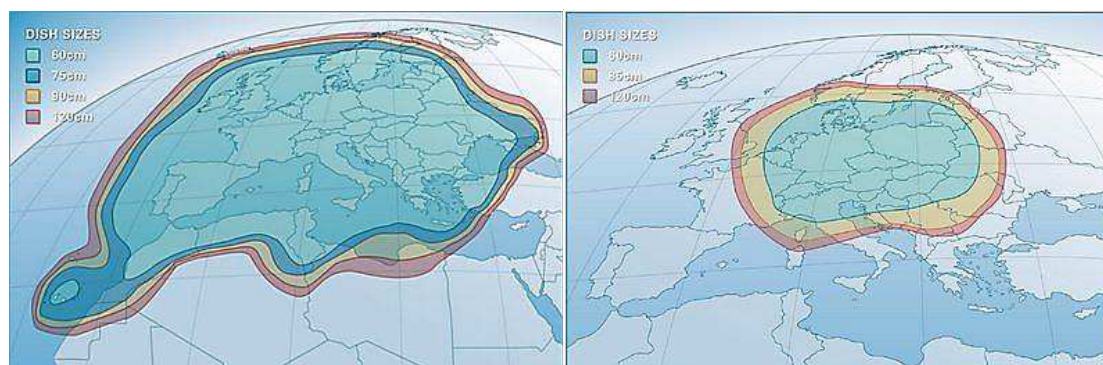
Název	Výrobce	Počet transpondérů v evropském svazku	Hmotnost [kg]	Životnost do
Thor 5	Orbital Science Corporation	24	2000	2020
Thor 6	Thales Alenia Space	36	2999	2024
Intelsat 10-02	Astrium	26	5600	2017
Astra 3B	Astrium	60	5460	2025
Astra 1M	Astrium	36	5344	2023
Amos 3	Israel Aerospace Industries	24	1250	2026

Na obrázku 2 je zobrazeno pokrytí Evropy družicemi Thor 6 a Thor 5. Na mapě jsou znázorněny oblasti s různou hodnotou parametru EIRP [dBW]. Ty jsou zde znázorněny v podobě vrstevnic, které označují hranici mezi jednotlivými hodnotami EIRP.



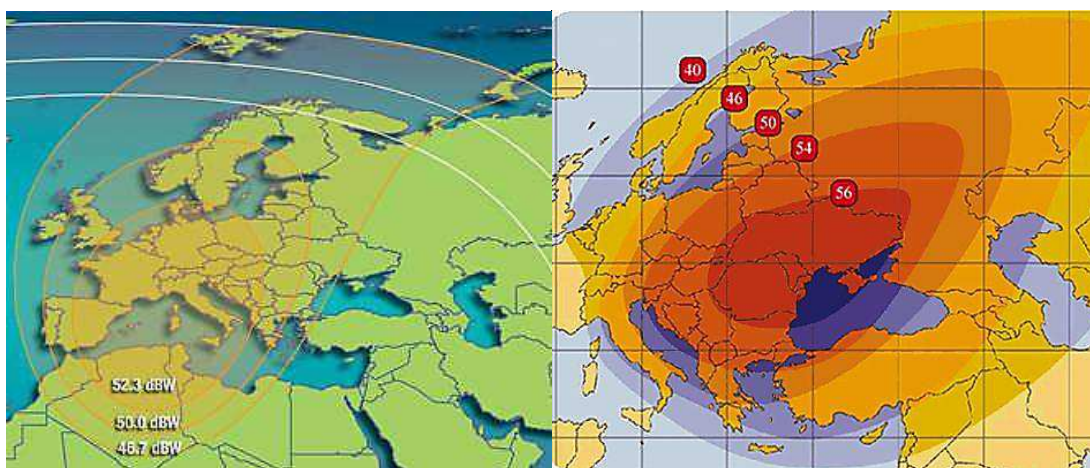
Obrázek 2: Pokrytí družic Thor 6 (vlevo) a Thor 5 (vpavo)

Na obrázku 3 je znázorněno pokrytí Evropy družicemi Astra 1M a Astra 3B. Kvalita pokrytí je zde znázorněna doporučeným minimálním průměrem přijímací parabolické ofsetové antény. Pro světle modrou oblast je to průměr paraboly 60cm. Pro tmavě modrou oblast je to již 75 cm. Oranžová oblast pokrývá místa, kde je doporučený minimální průměr přijímací antény 90 cm. Nakonec je to červená oblast pro průměr 120 cm.



Obrázek 3: Pokrytí družic Astra 1M (vlevo) a Astra 3B (vpravo)

Na obrázku 4 je vidět pokrytí Evropy družicemi Intelsat 10-02, na levé části obrázku, a Amos 3, na pravé části obrázku. Pro Intelsat 10-02 bylo zvoleno vrstevnicové oddělení oblastí s různou hodnotou parametru EIRP. Pro družici Amos 3 je zde použito barevné oddělení jednotlivých oblastí s různou kvalitou pokrytí.



Obrázek 4: Pokrytí družic Intelsat 10-02 (vlevo) a Amos 3 (vpravo)

Informace o satelitech a obrázky byly převzaty z [40].

1.2 Digitální pozemní televizní vysílání

Architektura digitálního pozemního televizního vysílání DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) je zobrazena na obrázku 1. Toto vysílání již zcela nahradilo analogové vysílání, které zde působilo od roku 1953, kdy se zahájilo první pravidelné zkušební vysílání. Vysílání probíhá pomocí pozemních vysílačů. Největší část území je pokryta pomocí obřích stožárních vysílačů, kde se výška celého stožáru může pohybovat přes 300 metrů, například vysílač Kojál (340 metrů, z toho vysílací část je posledních 22 m od špičky stožáru). Tyto velké vysílače, které mají obvykle výkon 100 kW, jsou doplněny o řadu menších s podstatně menším výkonem. Vysílání probíhá v České republice v rozmezí 474 MHz až 768 MHz, což je pásmo ultra krátkých vln UHF (Ultra High Frequency). Šířka jednotlivých kanálů je 8 MHz. Rozdělení televizních pásem je zobrazeno v příloze KK.

Pro příjem je potřeba mít anténu a přijímač, někdy též označovaný jako digitální tuner nebo Set-Top Box. Tyto přijímače jsou dnes zcela běžně zakomponovány do televizorů. Pokud je třeba zajistit příjem DVB-T v lokalitě s dobrým příjmem, například ve větším městě, stačí pro kvalitní příjem i velmi jednoduchá anténa.

Aby bylo možné vysílat digitalizovaný obraz, zvuk a doplňkové služby, jako je například teletext, společným datovým kanálem, je nutné spojit všechny tyto prvky pomocí multiplexování. Vznikne tedy multiplex o určité frekvenci s určitým počtem stanic. Obvykle obsahuje čtyři až pět televizních stanic. Na většině území České republiky

se v současné době provozují čtyři multiplexy. První multiplex je provozován Českou televizí a nabízí čtyři veřejnoprávní televizní stanice. Druhý multiplex je provozován společností České Radiokomunikace, a.s. a nabízí komerční televizní stanice. Třetí multiplex je provozován společností Czech Digital Group, a.s.. Tyto tři multiplexy pokrývají většinu území České republiky. Čtvrtý multiplex, který provozuje společnost Digital Broadcasting s.r.o. zatím nedosahuje takového pokrytí, v současnosti je to přibližně 85%, zato však nabízí do února 2013 dvě stanice ve vysokém rozlišení HD. Od února 2013 však již pouze stanici NOVA HD. Informace k jednotlivým multiplexům platí k 5. 4. 2013. Každý multiplex vysílá s jinými parametry, viz tabulka 3.

Tabulka 3: Parametry multiplexů

Parametr	MUX 1	MUX 2	MUX 3	MUX 4
Šířka pásma [MHz]	8	8	8	8
Přenosová rychlost [Mbit/s]	19,1	19,1	24,88	22,17
Modulace	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM
Vysílací mód	8K	8K	8K	8K
Ochranný interval	1/4	1/4	1/8	1/8
Kódový poměr	2/3	2/3	3/4	2/3

- Šířka pásma – označuje šířku jednotlivých kanálů, které jsou od sebe vždy vzdáleny 8 MHz. Každý kanál má přiřazenou frekvenci, která se dá ručně naladit na DVB-T tuneru.
- Přenosová rychlost – udává, kolik dat se přenese za jednotku času, v tomto případě kolik megabitů se přenese za jednu sekundu.
- Modulace – udává typ modulace. Všechny multiplexy používají shodný typ, tj. 64-Kvadrurní amplitudová modulace, což znamená, že může fáze a amplituda subnosných vln nabývat 64 různých hodnot.
- Vysílací mód – označuje mód OFDM, což je ortogonální, frekvenčně dělený multiplex. Televizní kanál v módu 8K obsahuje 6817 subnosných kmitočtů, a každý subnosný kmitočet je modulován 64-QAM
- Ochranný interval – funguje jako eliminace rušení. Udává čas, po který přestane přijímač přijímat signál. Tento čas je uveden jako zlomek periody přijatého užitečného signálu. Pokud je tedy ochranný interval nastaven na 1/4, tak po přijetí užitečného signálu s určitou periodou T, přestane přijímač přijímat po dobu 1/4 T.

- Kódový poměr – je parametr metody protichybového zabezpečení, označované jako vnitřní kódování. To umožňuje opravit v dekodéru určité procento chyb. Úroveň je na vysílací straně volitelná, může nabývat hodnot $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ nebo $7/8$.

Z důvodu úspory přenosové rychlosti, je nutné komprimovat audio i video, což znamená odstranit z audio a video signálu redundantní a irelevantní informace. Kompresi sníží nároky na přenosovou rychlost, která je při výrobě obrazového a zvukového materiálu ve studiu velmi vysoká. Konkrétně jde o studiový formát Seriál Digital Interface (SDI) s přenosovou rychlostí 270 Mbit/s, který se musí následně zkomprimovat na 4 – 8 Mbit/s. Tato přenosová rychlost dostačuje pro kvalitní příjem signálu v rozlišení SD, což je 720x576 bodů, což je rozlišení, ve kterém vysílají všechny televizní stanice DVB-T. Ke kompresi se používá kompresní standart MPEG-2. Bližší rozebrání se nachází v kapitole 2.3.

1.2.1 DVB-T2

DVB-T2 je nástupce staršího DVB-T. Srovnání obou systémů se nachází v tabulce 4. V Evropě je zatím pouze několik států, kde funguje ostré vysílání a v mnoha zemích je pouze zaveden testovací provoz. Hlavní výhodou oproti DVB-T je lepší podpora televizních stanic v HD rozlišení a větší kapacita jednotlivých multiplexů, které mohou obsahovat až desítky stanic. Dalším rozdílem je, že je využita MPEG-4 komprimace, která poskytuje lepší možnosti pro šíření televizních stanic ve vysokém rozlišení. DVB-T2 využívá kódovaný frekvenčně dělený multiplex COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Změny se objevily i u parametrů vysílání.

Tabulka 4: Parametry DVB-T2 ve srovnání s DVB-T

Parametr	DVB-T	DVB-T2
Šířka pásma [MHz]	8	10
Bit Rate [Mbit/s]	< 25	> 30
Modulace	64 QAM	256 QAM
Vysílací mód	2K, 8K	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Ochranný interval	$1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$	$1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$, $1/128$, $19/128$, $19/256$
Kódový poměr	$1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, $7/8$	$1/2$, $3/5$, $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$

V České republice byl zaveden testovací provoz v letech 2010 a 2011, poté byl zrušen. V Evropě se vysílá v DVB-T2 například ve Velké Británii a nejčerstvějším přírůstkem

do rodiny DVB-T2 je spuštění ostrého vysílání v Rakousku. Informace jsou aktuální k 5. 4. 2013 [33], [34].

1.3 Digitální kabelové televizní vysílání

Architektura digitálního kabelového televizního vysílání DVB-C (Digital Video Broadcasting – Cable) je zobrazena na obrázku 1. Sukončením provozu analogového televizního vysílání se i poskytovatelé kabelových televizí přeorientovali na digitální kabelové vysílání. Digitální kabelové vysílání má spoustu výhod oproti analogovému. Bývá často doprovázeno službami, jako je Voice over IP, Video on Demand a s tím spojený vysokorychlostní internet. Šířka pásma, která byla v analogovém kabelovém vysílání potřeba pro jednu televizní stanici, nyní dostačuje, v digitální podobě, až pro deset stanic. Digitální kabelové vysílání s sebou samozřejmě přineslo i značné zlepšení kvality přijímaného obrazu i zvuku a poskytovaných doplňkových služeb, jako je elektronický programový průvodce EPG. Zlepšila se podpora i pro vkládání titulků, více zvukových stop a pro vysílání v rozlišení 16:9. Novější televizory se zabudovanými funkcemi pro digitální příjem mohou tyto funkce využít, například se jedná o nahrávání, časování, stopování a zpoždování obrazu.

Poskytování digitální kabelové televize funguje na stejném principu, z hlediska uživatele, jako například poskytování internetu. Zákazník si objedná služby a poskytovatel podnikne veškeré kroky k tomu, aby zákazník mohl využívat kabelové televize. Jde tedy o nejjednodušší variantu DVB, jelikož uživatel nemusí nijak manipulovat s přijímací anténou, jelikož provozovatel přivede digitální kabelovou televizi až do bytu.

Televizní stanice jsou zde opět řazeny do multiplexů. Šířka pásma jednotlivých multiplexů závisí na poskytovateli, stejně tak jako použitá modulace. Z těchto dvou hodnot se dá odvodit přenosová rychlost, viz (Tabulka 5)

Tabulka 5: Přenosové rychlosti u DVB-C

Šířka pásma	Přenosová rychlost [Mbit/s]				
	16 QAM	32 QAM	64 QAM	128 QAM	256 QAM
2 MHz	6,41	8,01	9,62	11,22	12,82
4 MHz	12,82	16,03	19,23	22,44	25,64
6 MHz	19,23	24,04	28,85	33,66	38,47
8 MHz	25,64	32,05	38,47	44,88	51,29
10 MHz	32,05	40,07	48,08	56,1	64,11

Data jsou zde komprimována do MPEG-2 pro SD a MPEG-4 pro HD. Data jsou zde spojovány do MPEG-2 PS, což je programový tok. Následně jsou programové toky spojovány do MPEG-2 TS, což je transportní proud, který je posléze přijímán v Set Top Boxech. Transportní proud je identifikován jako sekvence paketů o určité délce, která se rovná 1504 bitů.

1.3.1 DVB-C2

Jedná se u nástupce DVB-C, který vznikl ze stejného důvodu jako DVB-S2 a DVB-T2. Hlavním důvodem je tedy lepší využití šířky pásem a s tím související lepší podpora pro vysílání ve vysokém rozlišení HD. DVB-C2 vychází v hodně směrech ze systému DVB-T2. Používá například COFDM, stejně jako DVB-T2. Stejně jako DVB-C využívá transportní proudy TS. Ty jsou ale doplněny o obecné datové toky GSE (Generic Stream Encapsulation). Na rozdíl od DVB-C, které využívá konstantní kódování a modulaci, DVB-C2 využívá adaptivní a variabilní kódování a modulaci (ACM, VCM). Rozdíl mezi DVB-C a DVB-C2 je shrnut v tabulce 6.

Tabulka 6: Srovnání DVB-C a DVB-C2

Parametr	DVB-C	DVB-C2
Vstupní signál	TS	TS & GSE
Modulace MUX	Single QAM	COFDM
Mód	CCM	ACM & VCM
Komprese	MPEG-2	MPEG-4
Oprava chyb	RS	LDPC & BCH

1.4 Digitální televizní vysílání pro mobilní zařízení

Digitální televizní vysílání pro mobilní zařízení DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handheld) je systém, který by se dal doslovně přeložit jako digitální televizní vysílání pro ruku držené přijímače. Původně byl tento systém vyvinut pro mobilní telefony. V roce 2008 jej Evropská Unie schválila jako standard pro pozemní mobilní vysílání. V dnešní době se tomuto systému nepředpovídá příznivá budoucnost. Jedná se o systém, který je takřka mrtvý. O tom vypovídají i oficiální internetové stránky [41], prezentující tento systém, kde je poslední aktualizace novinek v roce 2009. Přesto se však tento systém uvádí v odborné literatuře jako součást digitálního televizního vysílání, i když byla veškerá podpora tohoto systému zastavena v roce 2012. Prozatím nevznikl ani nástupce tohoto systému v podobě

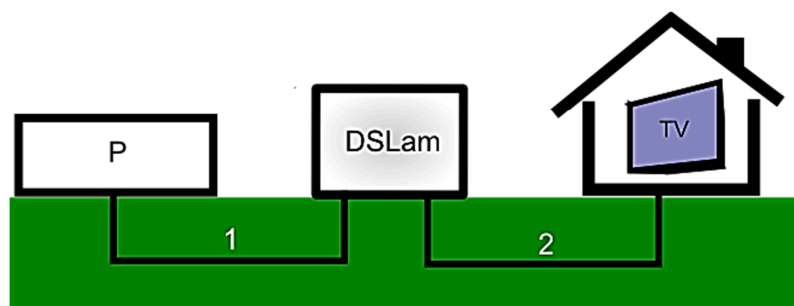
DVB-H2, jako tomu bylo u zbylých třech DVB systémů. Nástupce však má, i když v jiných podobách. Například ve Spojených Státech Amerických se testovala DVB-SH, což znamená satellite handhelds. Nástupcem by mohl případně být i systém DVB-NGH, což znamená new generation handhelds. Pro mobilní příjem je upravován i systém DVB-T2, čím vznikla verze přizpůsobená pro mobilní zařízení a je nazývána DVB-T2 Lite.

DVB-H využívá time-sliceing, což je technologie, která zajišťuje, aby přijímač nepřijímal signál po celou dobu reprodukce obrazu a zvuku, ale přijímal jenom po dobu nezbytně nutnou. Tím docházelo k výrazné úspoře baterie. Time-sliceing předpokládal, že mobilní zařízení mají menší rozlišení, než běžná televize. Toto už dnes samozřejmě neplatí. Kvalita obrazu i zvuku byla tedy podstatně nižší, než u DVB-T, DVB-S nebo DVB-C. Pro příjem DVB-H je nezbytné mít mobilní telefon vybaven odpovídajícím hardwarem. Těmito systémy se však dnes už mobilní telefony běžně nevybavují.

Na území České republiky proběhlo několik experimentálních vysílání, včetně toho na půdě VŠB-TUO, viz [18]. Vysílání lze provádět na frekvencích v pásmu velmi krátkých vln (VHF), konkrétně na frekvencích (170 MHz – 230 MHz). Dále je možné využít ultra krátkých vln (UHF) (470 MHz – 862 MHz) a pásma L (1452 MHz – 1492 MHz).

1.5 IPTV

Digitální televize přes IP protokol IPTV (Internet Protocol Television) je technologie, která je v dnešní době na vzestupu. Po ukončení analogového vysílání se poskytovatelé kabelových televizí rozdělili na ty, kteří přešli na DVB-C a na ty kteří se vydali cestou IPTV, kterých byla ovšem menšina. Do IPTV vstupují samozřejmě i poskytovatelé internetového připojení kteří poskytují IPTV společně s vysokorychlostním internetem nebo například se službou telefonování přes IP protokol VoIP (Voice over Internet Protocol). Digitální televize přes IP protokol využívá infrastruktury internetového připojení, což je její výhodou. Nevýhodou je, že přenos se provádí přes DSLamy (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), které slouží jako sběrné body a stojí na hranici mezi pátevní a přístupovou sítí, a ke kterým jsou připojeni všichni uživatelé. Maximální vzdálenost uživatele od DSLamu je 3,5 kilometrů. DSLamy jsou poté připojeny k poskytovateli IPTV. Schéma je uvedeno na obrázku 5.



Obrázek 5: Schéma IPTV

Mezi poskytovatelem, který je zobrazen jako blok P a DSLamem jsou přenášeny všechny televizní stanice a služby, to je znázorněno jako propojení 1. Komunikace je obousměrná. Mezi DSLamem a koncovým uživatelem je však přenášena už pouze jenom ta služba a televizní kanál, kterou si uživatel právě vyžádal. Tím dochází k úspoře přenosové kapacity. Zobrazeno jako propojení 2. Komunikace je též obousměrná, což je hlavní výhodou IPTV, jelikož nabízí široké možnosti využití zpětného kanálu. Jedná se například o služby videa na požádání VoD (Video on Demand), které slouží jako takové virtuální videotéky, nebo služby PPV (Pay-Per-View), což je služba, která funguje na principu, že divák platí za pořady, které zhlédl. Tento marketingový model se používá například u sportovních přenosů nebo koncertů a je populární především ve Spojených státech amerických.

IPTV využívá stejně jako DVB-T, DVB-S a DVB-C kompresní metody MPEG (Moving Picture Experts Group). Nejpoužívanějším je, stejně jako u výše jmenovaných MPEG-2, který se používá pro většinu přenosů. Stejně jako u DVB-T2, DVB-S2 a DVB-C2 je zde využíván i MPEG-4, především pro vysílání ve vysokém rozlišení (HD). Přijímače IPTV běžně podporují obě metody. Pro příjem IPTV je nutné zřídit si přípojku k přístupové síti, a tu propojit s přijímačem. To zajišťuje většinou poskytovatel. Přijímač se běžným způsobem připojí k televizi, například velmi rozšířeným HDMI (High-Definition Multi-media Interface) kabelem. Přijímače jsou vybaveny vhodným uživatelským rozhraním, které dovoluje uživateli využívat zpětné vazby s poskytovatelem, to jsou například služby VoD a PPV.

Při zpracování kapitoly 1 jsem čerpal z literatury [1 -19].

2 Způsob šíření, příjmu a zpracování DVB-S/S2 signálu

Digitální satelitní televizní vysílání kombinuje dva systémy. Prvním je systém DVB-S a druhým, novějším je DVB-S2. Stručný popis těchto systémů se nalézá v kapitole 1.1. V této kapitole je uveden popis šíření v prostoru, i když je to jen část radiokomunikační rovnice, je to část kde působí vlivy počasí na přijímaný signál.

2.1 Způsob šíření satelitního signálu

Elektromagnetická vlna, která se šíří atmosférou, je ovlivňována dvěma základními typy vlivů. Je ovlivněna šířením ve volném prostoru a dále vedlejšími útlumovými vlivy.

2.1.1 Šíření ve volném prostoru

Pro určení útlumu přímé elektromagnetické vlny ve volném prostoru je nutné zavést si veličinu L , která označuje ztráty při šíření přímé elektromagnetické vlny ve volném prostoru.

$$L = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda} \right)^2 \quad (2.1)$$

L – ztráta při šíření elektromagnetické vlny v prostoru

π – ludolfovo číslo (3,1415...) [-]

r – dráha šíření [m]

λ – vlnová délka elektromagnetické vlny [m]

Pro praktické účely je vhodnější použít logaritmické míry. Zavedeme tedy veličinu A_L , která označuje útlum přímé elektromagnetické vlny a jejíž jednotkou je decibel.

$$A_L[dB] = 10 \log L \quad (2.2)$$

2.1.2 Vedlejší útlumové vlivy

Dále k útlumu šíření elektromagnetické vlny ve volném prostoru musíme přičíst vedlejší útlumové vlivy, které se vyskytují náhodně a které se musejí složitěji vypočítávat pomocí různých modelů. Mezi nejčastější typy vedlejších útlumových vlivů patří útlum způsobený ohybem, neboli difrakcí, elektromagnetické vlny jsou ovlivňovány také mnohocestným šířením. Dále sem patří útlum způsobený různými atmosférickými plyny, útlum způsobený změnou

indexu lomu vlivem členitého teplotního profilu přenosové trasy, kdy signál prochází vrstvami atmosféry s rozdílnou teplotou. Při útlumu způsobeným změnou indexu lomu mluvíme o refrakci neboli lomu elektromagnetické vlny. Následující dva vedlejší vlivy jsou pro tuto práci nejdůležitější. Jedná se o útlum způsobený změnou polohy přijímací antény a o útlum způsobený srážkami v atmosféře.

Odborná literatura i odborníci, zabývající se poskytováním služeb digitálního satelitního televizního vysílání se shodují na tom, že největším problémem pro příjem satelitního signálu je hustý déšť. Pro šíření elektromagnetického signálu v pásmu Ku platí, že čím vyšší frekvence, tím větší vliv má na kvalitu příjmu signálu déšť. Koncový uživatel to může poznat zhoršenou kvalitou a i případnými výpadky signálu. Příčinou útlumu je průchod signálu přes dešťové kapky. Velikost tohoto útlumu roste se zvětšující se intenzitou deště a se zvětšující se velikostí dešťových kapek. Průměrná hodnota velikosti dešťové kapky v našem klimatickém pásmu je 1,5 mm. Elektromagnetická vlna v pásmu Ku o frekvenci 12 000 MHz má délku vlny 25 mm. Mezi vlnou a dešťovou kapkou dochází k vzájemnému působení a k vzájemnému vstřebávání, neboli absorpci, energie. To mají za následek volné molekuly vody, které vyvolávají rezonanci s elektromagnetickou vlnou. Vstřebávání energie elektromagnetické vlny způsobuje zvětšování útlumu a také způsobuje, že se dešťové kapky, které absorbují energii vlny, mírně ohřívají. Pokud teploty klesnou pod nulu a z dešťových srážek se stanou srážky sněhové, tak se dá očekávat, že vliv srážek na elektromagnetickou vlnu nebude tak velký, jako v případě dešťových srážek. Ve sněhových vločkách jsou molekuly vody pevně vázány, tudíž nemůže docházet k rezonanci s procházející elektromagnetickou vlnou. Pokud se ovšem teploty pohybují kolem bodu mrazu a srážky začnou padat v podobě tzv. mokrého sněhu, tak se dá očekávat velký útlum, větší než u klasického deště, způsobený právě větší velikostí mokrých vloček. Mokrý sníh má i další nepříjemnou vlastnost a to tu, že v kombinaci s větrem dochází k tomu, že i místa, kde by se zmrzlý sníh neudržel, jsou pokryta přilnavým mokrým nánosem sněhu. Tento vliv může být samozřejmě velmi nežádoucí, pokud dojde k pokrytí paraboly a konvertoru sněhem. Důsledkem tohoto jevu může dojít k velmi výraznému poklesu hodnot kvalitativních parametrů příjmu. Tento jev je popsán v kapitole 4.2.4.

2.1.3 Model pro výpočet útlumu přenosové cesty

Doporučení ITU-R P.618-10, viz [35] nám říká, jak je možné vypočítat předpokládanou hodnotu útlumu přenosové cesty ovlivněné dešťovými srážkami. Na sněhové srážky se model nevztahuje. Skládá se ze dvou částí. První část nám řekne, jaká je hodnota útlumu na 1 kilometr

trasy, druhá nám pomůže spočítat předpokládanou délku trasy. Pro hodnotu předpokládaného útlumu zavedeme jednotku A_{ITU} .

$$A_{ITU} = \gamma \cdot D_r \quad [dB; dB \cdot km^{-1}, km] \quad (2.3)$$

- A_{ITU} – předpokládaný útlum způsobený dešťovými srážkami
- γ – útlum na jeden kilometr
- D_r – délka trasy

Parametr γ

$$\gamma = k \cdot R^\alpha \quad [dB \cdot km^{-1}; mm \cdot hod^{-1}] \quad (2.4)$$

- γ – útlum na jeden kilometr
- k – tabulkový parametr
- α – tabulkový parametr
- R – intenzita dešťových srážek

Parametry k a α jsou tabulkové parametry, které vycházejí z doporučení ITU-R P.838-3, viz [36]. Zde se dá vyčíst konkrétní hodnota pro horizontální i vertikální polarizaci a pro konkrétní frekvenci signálu.

Parametr D_r

$$D_r = \frac{(h_r - h_a)}{\sin(e)} \quad [km; km, km] \quad (2.5)$$

- D_r – Délka trasy, která vede přes prostor dešťových srážek
- h_r – Výška bodu 0, který se počítá dle doporučení ITU-R P.839-1, viz [37]
- h_a – výška přijímací antény
- e – elevace přijímací antény

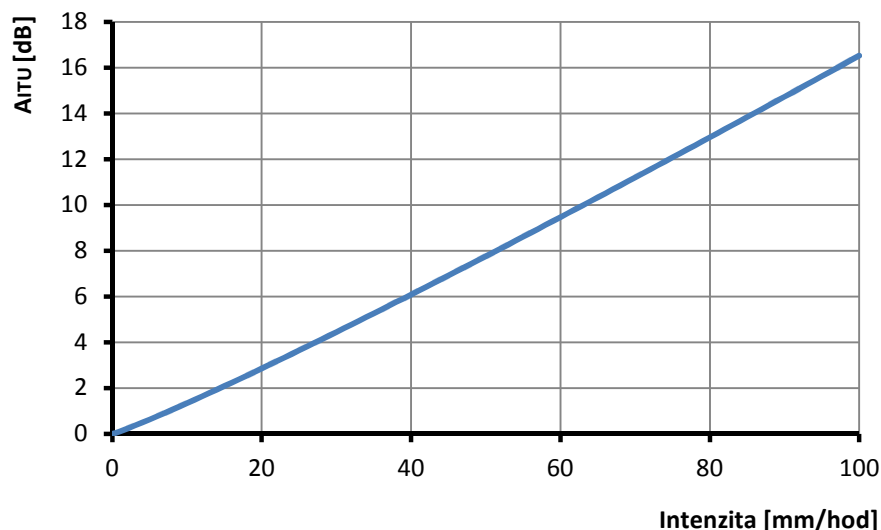
Parametr h_r

$$h_r = 3,2 - 0,075 \cdot (\Phi - 35) \quad [km] \quad (2.6)$$

- h_r – Výška bodu 0, který se počítá dle doporučení ITU-R P.839-1

- Φ – zeměpisná šířka

Parametr h_r se počítá na základě doporučení ITU-R P.839-1, viz [37]. Tento vzorec platí pouze pro Severní Ameriku a Evropu západně od 60° E a pro severní šířku $35 \leq \Phi \leq 70$, což je oblast, kde se nachází Česká republika. Závislost intenzity srážek na útlumu, až do hodnoty intenzity srážek 100 mm/hod je zobrazena v grafu na obrázku 6 a v tabulce 7 je uveden útlum pro intenzitu srážek 0-21 mm/hod..



Obrázek 6: Graf závislosti útlumu na intenzitě dešťových srážek

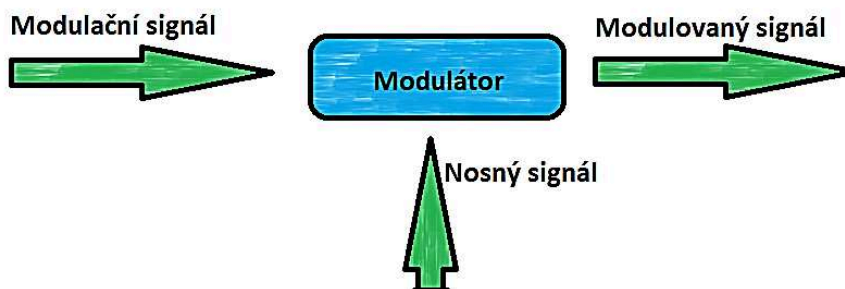
Tabulka 7: Závislost útlumu na intenzitě dešťových srážek pro oblast ČR

I [mm/hod]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AITU [dB]	0,00	0,11	0,23	0,36	0,49	0,63	0,77	0,91	1,05	1,20	1,34

I [mm/hod]	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
AITU [dB]	1,49	1,64	1,79	1,94	2,09	2,24	2,39	2,55	2,70	2,86	3,01

2.2 Zpracování satelitního signálu - modulace

Modulace je proces, kterým se moduluje (upravuje, ovlivňuje) nosný signál pomocí vstupního modulačního signálu. Výstupem je signál modulovaný. Blokové schéma je znázorněno na obrázku 7.



Obrázek 7: Blokové schéma modulátoru

Pro přenos DVB-S a DVB-S2 se využívá modulací, které spadají do kategorie, která se nazývá digitální modulace. Jsou to tedy modulace, které nabývají konečného počtu stavů. Mezi digitální modulace patří ASK – amplitudové klíčování, FSK – frekvenční klíčování a PSK – fázové klíčování. Dále mohou systémy DVB-S a DVB-S2 využívat složené modulace. Mezi ty patří QAM – kvadrurní amplitudová modulace a APSK – amplitudová fázová modulace, která se liší od QAM konstelačním diagramem. Modulace, které používají systémy DVB-S a DVB-S2 jsou popsány v tabulce 8.

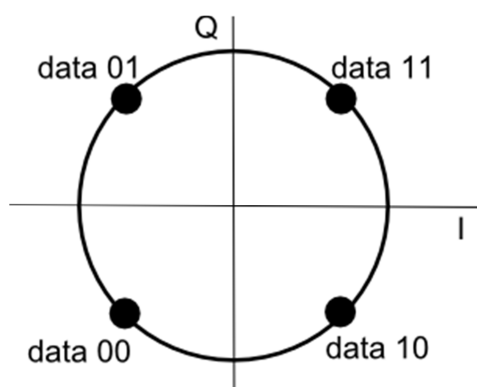
Tabulka 8: Modulace v DVB-S a DVB-S2

Modulace	DVB-S	DVB-S2
QPSK	ano	ano
8PSK	ano	ano
16QAM	ano	ne
16APSK	ne	ano
32APSK	ne	ano

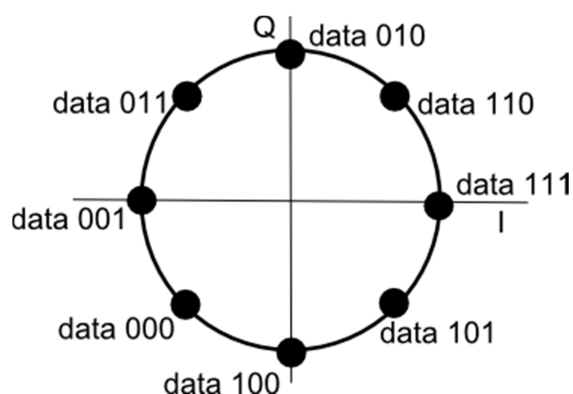
2.2.1 Fázové klíčování

Kvadrurní fázové klíčování QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) je nejzákladnějším typem modulace pro přenos satelitního televizního vysílání. U systému DVB-S se QPSK využívá u většiny multiplexů. Jedná se o digitální modulaci, využívající čtyřstavové klíčování, to znamená, že může přenášet najednou dva bity informace. Modulace se dá názorně

zobrazit v komplexní rovině pomocí konstelačního digramu. QPSK je názorně zobrazena konstelačním diagramem na obrázku 8. Dalším typem modulace, která se pro přenos satelitního televizního signálu používá je 8PSK. QPSK se liší od 8PSK počtem stavů. 8PSK může nabývat osmi stavů, to znamená, že může přenášet najednou 3 bity informace. Konstelační diagram je znázorněn na obrázku 9.



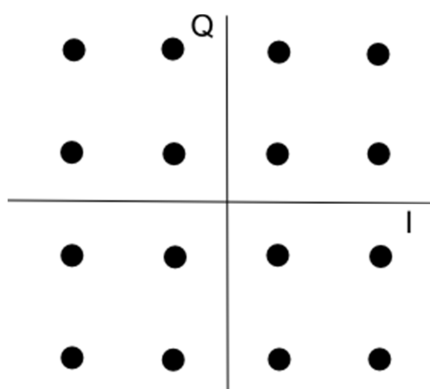
Obrázek 8: Konstelační diagram QPSK



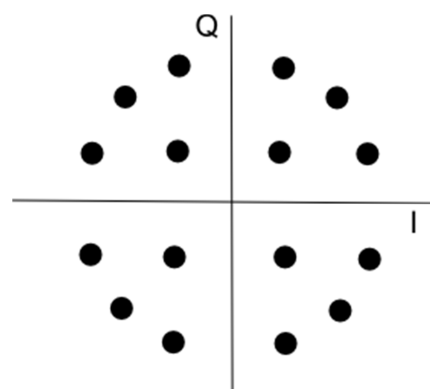
Obrázek 9: Konstelační diagram 8PSK

2.2.2 Složené modulace

Do tohoto typu modulací spadají modulace, které spojují prvky digitální a analogové modulace. U digitálního satelitního televizního vysílání se z tohoto typu modulací využívají 16QAM, 16APSK a 32APSK. Využívá se zde fázové posunutí nosných a následné klíčování. Rozdíl mezi 16QAM a 16APSK je v konstelačním diagramu. Zatímco konstelační diagram 16QAM (Obrázek 10) obsahuje 16 bodů diagramu (stavů), uspořádaných do čtverce (čtverec čtyř bodů v každém kvadrátu plochy diagramu), u 16APSK (Obrázek 11) jsou body uspořádány do kruhu.



Obrázek 10: Konstelační diagram 16QAM



Obrázek 11: Konstelační diagram 16APSK

2.2.3 Oprava chyb

Přijímaný signál prochází v přijímači opravou chyb. Tato oprava tvoří významnou část kvality příjmu digitálního satelitního televizního vysílání. Při měření bitové chybovosti BER_i , tedy vstupní bitové chybovosti, se hodnoty pohybovaly od řádu 10^{-2} až do řádu 10^{-6} . Po zpracování signálu přijímačem však vždy, bez výjimky, zobrazovalo měřicí zařízení $BER_o < 5E^{-9}$. BER_o se vypočítává ze signálu, který prošel opravou chyb. Blokové schéma přijímače DVB-S je na obrázku 13.

Korekce je dvojitá, pomocí vnitřního a vnějšího kódování. Vnitřní kódování využívá pro opravu chyb FEC (Forward Error Correction), neboli dopřednou korekci chyb, která nejenže chyby detekuje, ale také je opravuje. Oprava chyb se zde provádí pomocí konvolučního kódu. Konvoluční kód je lineární kód s konečnou délkou kódového omezení, kterou označujeme jako K a hodnotu parametru délky kódového omezení lze vypočítat dle vzorce (2.7). Déle se u FEC udává kódový poměr, který udává, jak velké procento chyb lze opravit. Vzorec pro výpočet kódového poměru, který se označuje N , je uveden v (2.8), tento vzorec obsahuje neznámou n , což je kódové bitové slovo a neznámou z , která označuje zdrojové bitové slovo.

$$K = l + m \quad [-] \quad (2.7)$$

- K – Délka kódového omezení

- m – počet stavů

$$N = \frac{z}{n} \quad [-] \quad (2.8)$$

- N – Kódový poměr

- z – zdrojové slovo

- n – kódové slovo

Další část korekce chyb je prováděna pomocí vnějšího kódování. V případě DVB-S se využívá Reed-Solomon kód RS (Reed-Solomon Code). RS je nelineární cyklický samoopravný kód, který využívá kontrolní bity, následnou zpětnou vazbou je schopen opravit chybné bity, či doplnit bity prázdné. U systému DVB-S2 se využívá lineární blokový kód LDPC (Low Density Parity Check). LDPC je lineární blokový kód, který využívá paritních matic, obsahujících málo logických jedniček (Low Density). Dále DVB-S2 využívá BCH kód,

což je cyklický samoopravný kód, který využívá Galoisových těles, pro zkonstruování kódu. Galoisovo těleso je těleso, které má konečný počet prvků. Kódové poměry u DVB-S/S2 jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Tabulka kódového poměru FEC u DVB-S a DVB-S2

FEC	DVB-S	DVB-S
1/4	ne	ano
1/3	ne	ano
2/5	ne	ano
1/2	ano	ano
3/5	ne	ano
2/3	ano	ano
3/4	ano	ano
4/5	ne	ano
5/6	ano	ano
7/8	ano	ne
8/9	ne	ano
9/10	ne	ano

2.3 Zpracování satelitního signálu - komprese

Komprese je proces, při kterém se multimediální stopa, obrazová nebo zvuková, popřípadě další doplňkové služby, přizpůsobí pro vysílání. Při výrobě multimédií se pohybuje přenosová rychlost v hodnotách až o dva řády vyšších, než přenosová rychlost u televizního vysílání. Komprese je velmi důležitá i pro provozovatele televizních stanic, jelikož se snaží najít kompromis, mezi kvalitou příjmu a přenosovou rychlostí, jelikož s rostoucí přenosovou rychlostí roste i cena vysílání.

Obraz je u digitálního satelitního vysílání komprimován formátem MPEG, viz [38]. MPEG je zkratka pro Motion Picture Experts Group, což je skupina, která na konci dvacátého století pracovala na standardizaci formátů komprimace. Využívá čtyři základní typy redukce. Prostorovou, časovou, vizuální a statistickou. Všechny typy redukce se zabývají odstraněním nadbytečných a irelevantních dat v obrazovém signálu.

- Prostorová - využívá ploch stejných pixelů
- Časová - zaznamenává pouze změny v obraze
- Vizuální - využívá nedokonalosti lidského oka a odstraňuje takové části obrazu, které jsou pro lidské oko redundantní

- Statistická - využívá matematických modelů pro snížení množství přenášených dat.

2.3.1 Komprese u DVB-S

Obraz je u systému DVB-S komprimován výhradně komprimačním datovým formátem MPEG-2. MPEG-2 je nástupcem staršího formátu MPEG-1 a předchůdcem MPEG-4, který se používá u DVB-S2. Jedná se o ztrátový typ komprimačního formátu, to znamená, že dochází ke snížení kvality obrazu reprodukováného signálu. MPEG-2 prošel za dobu své existence, od roku 1994, mnoha úpravami, které měly zajistit co nejmenší ztrátu kvality s co největší komprimací dat, tedy úsporou přenosové rychlosti. Pro prostorovou redukci využívá diskrétní kosinovou transformaci DCT (Discrete Cosine Transform) s maticemi 8x8 bodů. DCT je podobná diskrétní Fourierově transformaci DFT (Discrete Fourier Transform), ale na rozdíl od DFT nabývá pouze reálných hodnot. U časové redukce využívá mezi-snímkovou predikci, tedy změny mezi sousedními snímky. U vizuální redukce se opět využívá DCT, tentokrát však dochází k zaokrouhlování koeficientů diskrétní kosinové transformace. U statistické redukce se využívá kompresní metoda RLE, která předpokládá opakování stejných hodnot u sousedních prvků. Je to jednoduchá a efektivní metoda, jejíž princip je demonstrován na obrázku 12.



Obrázek 12: Princip kompresní metody RLE

MPEG-2 využívá tři typy snímků. Jedná se o klíčové snímky (Intra Frame), pomocné předpověditelné snímky (Predicted) a prokládací snímky (Bidirectional Predicted). Klíčové snímky se přenášejí v nejlepší kvalitě, následují snímky předpověditelné, které jsou zkomprimovány a které vychází z klíčového snímku. Dále jsou tyto snímky doplněny o prokládací snímky, které jsou zkomprimovány s velkou ztrátou na kvalitě. Výsledný obraz je pak tvořen variací těchto snímků.

Formát MPEG-2 může vytvářet obraz o různých parametrech. Může se lišit v rozlišení, poměru stran, počtem snímků za sekundu. Může využívat i půlsnímky, které zvyšují kvalitu obrazu s rychlými přechody, např. sportovní přenosy. Formát MPEG-2 obsahuje i zvuk, který bývá běžně přenášen v Layer-3, známějším pod zkratkou MP3. MPEG-2 se využívá

také pro přehrávání video klipů na osobních počítačích a u přehrávání videa pomocí DVD přehrávačů.

2.3.2 Komprese u DVB-S2

Systém digitálního satelitního vysílání DVB-S2 je nástupcem předchozího DVB-S, lze tedy očekávat, že se v oblasti komprese přešlo na pokročilejší kompresní formáty. MPEG-2 je u DVB-S2 doplněn o komprimační formát MPEG-4. MPEG-4 je označován také jako MPEG-4 AVC (Advanced video coding), H.264/MPEG-4 nebo MPEG-4 part10. Výhodou tohoto komprimačního formátu je dosažení lepší kvality videa s menšími nároky na přenosovou kapacitu. Tím se otevírají dveře pro vysílání televizních stanic ve vysokém rozlišení HD (High Definition). MPEG-4 je ale výhodnější i pro přenos televizních stanic v klasickém rozlišení.

U prostorové redukce využívá integrální transformace s proměnlivou maticí od 4x4 do 16x16 bodů. Časová redukce je realizována pomocí vážených pohybových vektorů mezi klíčovými snímky a využívá tzv. I B P řezy, kde se nevyužívají celé snímky, ale pouze části. Vizuální redukce je dosaženo pomocí deblokovacího filtru, který vyhladí vnitřní hrany bloků transformace. Statistická redukce je řešena speciální metodou, která se nazývá kontextové adaptivní binární aritmetické kódování CABAC (Context-Adaptive Binary-Arithmetic Coding). Princip spočívá v tom, že monitoruje příchozí data a statisticky vyhodnocuje hodnoty, které se opakují častěji než ostatní. Těm je pak přiřazeno malé symbolové číslo. Jednodušeji řečeno se snaží o to, aby často se vyskytující znaky byly zakódovány na co nejmenší počet bitů, tím dojde k úspoře přenosové kapacity. Metoda průběžně upravuje algoritmus podle příchozích hodnot, aby dosáhla co nejlepší úspory.

Výhodou MPEG-4 je, že je obraz doprovázen zvukem, který může dosahovat mnohem lepší kvality. Jsou zde podporovány AC-3 (Dolby Digital), který podporuje zvuk ve formátu 5.1, což znamená 5 kanálů + subwoofer. Dále DTS (Digital Theatre System), která opět podporuje formát zvuku 5.1.

2.4 Způsob příjmu satelitního signálu

K příjmu je zapotřebí mít přijímací anténu a přijímač. Pro kvalitní příjem je nutné zajistit přesné nasměrování a nastavení paraboly.

2.4.1 Úroveň

Výkonová úroveň signálu je označovaná zkratkou RF. Tento parametr můžeme udávat ve více jednotkách. Dvě nejčastější jednotky jsou dBm a dBμV. Tyto jednotky se liší v normálové hodnotě, proto se může na měřicím přístroji zobrazovaná jednotka nastavit, dle vlastního uvážení. Pro potřeby této diplomové práce se vždy udává pro přijímanou úroveň jednotka dBμV. Hodnota uváděná v dBm je vypočítaná z naměřené výkonové úrovně vztažené k normálové (referenční) hodnotě $P_{01}=0,001\text{W}$.

$$P_{dBm}=10\log\frac{P}{P_{01}} \quad [dBm; W, W] \quad (2.9)$$

- P_{dBm} – úroveň signálu
- P – přijímaný výkon
- P_{01} – referenční hodnota

$$P=\frac{(U)^2}{75\Omega} \quad [W; V, \Omega] \quad (2.10)$$

- U – přijímané napětí

Hodnota uváděná v dBμV je vypočítaná z naměřené výkonové úrovně vztažené k referenční hodnotě P_{02} , která se vypočítá dle vztahu (2.12).

$$P_{dB\mu V}=10\log\frac{P}{P_{02}} \quad [dB\mu V; V, V] \quad (2.11)$$

$$P_{02}=1\mu V \quad [\mu V] \quad (2.12)$$

- $P_{dB\mu V}$ – úroveň signálu
- P – přijímaný výkon
- P_{02} – referenční hodnota

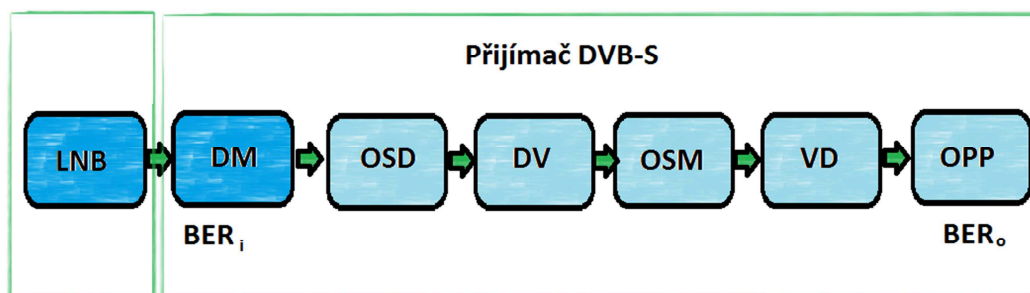
2.4.2 Odstup nosná-šum

Odstup nosná-šum C/N (Carrier to Noise) vyjadřuje poměr amplitudy nosné frekvence k šumu. Přesněji řečeno udává, o kolik decibel má šum nižší úroveň než nosná vlna. Alternativní zkratkou pro odstup nosné od šumu je CNR. Zvýšením hodnoty poměru nosné k šumu dojde ke snížení modulační a bitové chybovosti. Odstup nosná-šum funguje na stejném principu jako odstup signál-šum, neboli S/N. Rozdíl je v tom, že C/N se používá

pro modulovaný signál a S/N pro nemodulovaný. Parametr C/N se udává v jednotkách decibel [dB]. Pro kvalitní příjem je jeho minimální hodnota je pro QPSK 3/4 asi 15 dB. Pokud klesne hodnota C/N pod 15 dB, tak hrozí prudký růst modulační a bitové chybovosti a může dojít ke ztrátě synchronizace, což se projeví výpadkem signálu.

2.4.3 Bitová chybovost

Bitová chybovost BER (Bit Error Rate) se vyskytuje u všech digitálních signálů. U digitálního televizního vysílání rozlišujeme dva typy parametru BER. Je to BER_i a BER_o . Pro příjem digitálního satelitního televizního vysílání platí, že minimum parametru BER_i , pro kvalitní příjem, je v řádech 10^{-3} . Minimum BER_o pro kvalitní příjem se pohybuje v řádech 10^{-6} , v ideálním případě dosahuje řádu 10^{-9} . Přijímač s vyznačenými parametry BER_i a BER_o je uveden na obrázku 13.



Obrázek 13: Blokové schéma přijímače DVB-S

Popis bloků schématu (Obrázek 13):

- LNB – konvertor
- DM – demodulátor QPSK
- OSD – obnova synchronizace dekódování
- DV – Vitterbiho dekodér, využívá FEC
- OSM – obnova synchronizace MPEG-2
- VD – vnější dekódování, využívá Reed-Solomonův kód
- OPP – odstranění pseudonáhodných posloupností

2.4.4 Modulační chybovost

Modulační chybovost MER (Modulation Error Rate) je vyjádřena v jednotkách dB. Vlivem šumu dochází k změně fáze a amplitudy každé jednotlivé nosné vlny, přijímač pak tuto vlnu může vyhodnotit špatně. V takovém případě vytváří kód obsahující bitové chyby. Minimální hodnota parametru MER je jiná pro každý typ modulace. Např. pro kvadraturní amplitudovou modulaci 16QAM je minimální hodnota MER udávána přibližně 5 dB. U modulace 64QAM už to je přibližně 22 dB. Pro měření signálu DVB-S je nejzajímavější modulace QPSK. Při dlouhodobém měření pro tuto diplomovou práci se měřil multiplex, který využívá modulaci QPSK 3/4 a systém DVB-S, pro tuto modulaci se udává minimální hodnota MER kolem 11 dB. V ideálním případě by tato hodnota měla dosahovat 13 dB.

U systému DVB-S2 lze měřit všechny parametry jako u DVB-S. Rozdíl mezi DVB-S a DVB-S2 je však v minimálních a ideálních hodnotách jednotlivých parametrů, jak je vidět v tabulce 10. V této tabulce je uvedena hodnota MER, která je ale odlišná pro různé typy modulace. U systému DVB-S je MER uváděna pro nejběžnější modulaci pro tento systém, to je QPSK 3/4 FEC. U systému DVB-S2 je to pro modulaci 8PSK 3/4 FEC, která patří v tomto systému k nejběžnějším.

Tabulka 10: Srovnání parametrů DVB-S a DVB-S2

Parametr	DVB-S		DVB-S2	
	minimum	ideální	minimum	ideální
C/N [dB]	15	19	16	20
BERo [-]	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-7}$
MER [dB]	11	13	12	15

2.4.5 PER a BCH BER

Chybovost paketu PER (Packet Error Rate) je někdy také uváděna pod zkratkou UNC. Jedná se o nový parametr, který se udává jen u DVB-S2. V případě měření signálu DVB-S měřicím přístrojem pro měření DVB-S2, jako tomu bylo v rámci této diplomové práce, je hodnota PER naměřena i pro DVB-S. Při takovém měření však nemají naměřené hodnoty žádný praktický význam, jelikož se naměřená hodnota parametru PER prakticky vůbec nemění.

Parametr BCH BER (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem concatenation code) je velice podobný parametru PER. Také se udává pouze u DVB-S2. Rozdíl je v tom, že výpočet BCH BER je prováděn na základě bloků bitů, na rozdíl od PER, který je vypočítáván z pevně daného paketu bitů.

Při zpracování kapitoly 2 jsem čerpal z literatury [3 – 10], [20 – 25], [35 - 37].

3 Metodika měření

Tato kapitola je věnována popisu metodiky měření kvalitativních parametrů televizního signálu DVB-S/S2. Je zde podrobně popsána metodika pro všechny druhy měření, které byly provedeny během vypracovávání diplomové práce.

Celé měření by se dalo rozdělit do dvou částí, viz (Obrázek 14). V prvním bloku je znázorněna přenosová trasa mezi vysílačem, v našem případě družicí na oběžné dráze, a anténou, v tomto případě reprezentovanou přijímacím setem, tvořeným parabolou a konvertorem. Měření se zde zaměřovalo na sledování vlivů počasí na kvalitu přijímaného signálu. Probíhala dlouhodobě s využitím funkce měřicího přístroje pro logování dat. Cílem bylo zjistit, a objektivně porovnat, jak velký vliv mají na přijímaný signál dešťové a sněhové srážky, teplota a vlhkost.

V druhém bloku se měření zabývalo samotnou přijímací anténou. Měřil se zde vliv horizontálního vychýlení, vertikálního vychýlení a natočení konvertoru na přijímaný signál. Pro tato měření byly použity paraboly o různém průměru. Jednalo se o paraboly o průměru 60 cm a 100 cm.



Obrázek 14: Oblasti měření

3.1 Měřicí zařízení

3.1.1 Analyzátor DVB

Pro měření DVB-S/S2 byl využit Field Strenght Meter. Jednalo se o model Sefram 7866HD, viz [26]. Jedná se o přenosný DVB analyzátor pro měření kvalitativních parametrů DVB. Tímto analyzátozem lze provádět i měření jiných systémů, než DVB-S/S2. Jedná se o DVB-T/T2, DVB-C a DVB-H. Pro účely této diplomové práce se však využilo pouze měření systému DVB-S. Analyzátor je určen pro měření v terénu, je opatřen ochranným obalem a dešti odolným displayem a klávesnicí. Je vybaven baterií, která poskytuje možnost měřit bez napájecího kabelu. Výdrž baterie se pohybuje kolem 4-5 hodin, což je dostatečně dlouhá doba na to, aby bylo provedeno měření. Pro výstup dat je zde k dispozici univerzální sériový

port USB (Universal Serial Port), který je nejlepší možností pro export naměřených hodnot z analyzátoru. USB port se využívá i pro logování dat, kdy se do USB portu připojí USB flash disk, na ten se pak průběžně ukládají logovaná data ve formátu hodnot oddělených čárkou CSV (Comma-Separated Values). Popis přístroje pro měření parametrů DVB-S a přesnost přístroje, kterou udává výrobce je uvedena v příloze LL.

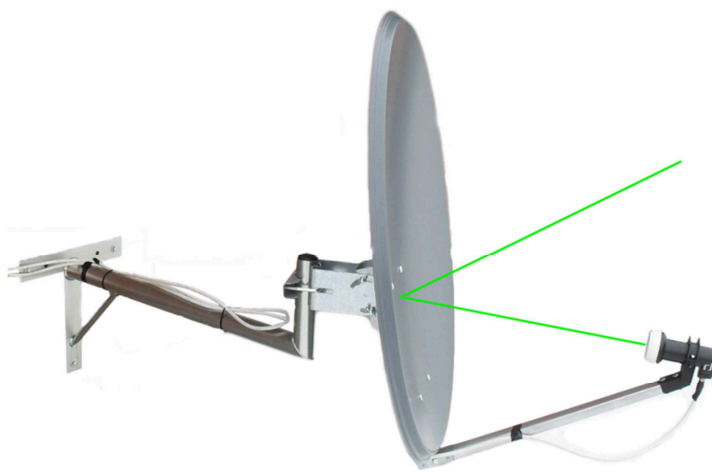
3.1.2 Parabolická anténa

Pro měření byly využity celkem 3 typy parabolických antén. Jednalo se o klasické ofsetové paraboly s ramenem a uchycením pro jeden konvertor, viz obrázek 15. Samotná parabola slouží jako odrazná plocha konvertoru, který má potom lepší vlastnosti v závislosti na vychýlení. Mezi tyto tři typy patří paraboly o průměru 60 cm [42], 80 cm [44] a 100 cm [44]. Žádné další čtvercové, obdelníkové, ani různé další nebyly použity. Jedná se o nejrozšířenější způsob příjmu satelitního signálu. Je to nástupce staršího typu, který měl konvertor umístěný přímo ve středu kruhu, což sice znamenalo, že snímal kruhový prostor na parabolické anténě, nicméně si vlastní přítomností stínil. Ofsetové antény mají konvertor umístěný na spodní straně parabolické antény, na rameni. Což znamená, že svou přítomností nestíní signálu, který dopadá na plochu paraboly. Nevýhodou je, že nesnímají kruhový prostor na parabole, ale vlivem jejich umístění se jedná o prostor eliptický.

Větší paraboly mají lepší parametry příjmu než menší, jelikož mají větší plochu, ze které je signál odražený přímo do konvertoru. Pro srovnání průměrů kruhových ofsetových parabol a srovnání jejich účinných ploch nám poslouží shrnutí popsané v tabulce 11.

Tabulka 11: Účinná plocha parabol

Průměr [cm]	Účinná plocha [m ²]
60	0,3
80	0,5
100	0,8



Obrázek 15: Ofsetová parabolická anténa

3.1.3 Konvertor

Konvertor, někdy označovaný jako LNB nebo LNC (Low-Noise Block Converter) je zobrazen na obrázku 16. Útlum konvertoru bývá nejčastěji 0,2 dB. LNB musí být umístěn v ohnisku přijímací antény, ať už u antény středové, nebo u nejčastěji používané antény ofsetové. Úkolem konvertoru je přijímat satelitní signál, zesilovat ho a konvertovat na nižší kmitočty. Jedná se o kmitočty 950 – 2150 MHz. To jsou kmitočty, které jsou vhodnější pro přenos běžným koaxiálním kabelem. Ten vykazuje na vyšších kmitočtech horší útlumové vlastnosti. Jelikož šířka pásma Ku je 2,05 GHz (10,7 GHz – 12,75 GHz) a šířka pásma konvertovaného signálu je 1,2 GHz (950 MHz – 2150 MHz) je nutné pásmo Ku rozdělit na dvě části. Dělí se na dolní pásmo (Low-Band) a horní pásmo (High-Band). Dolní pásmo obsahuje frekvence 10,7 GHz – 11,7 GHz a horní pásmo obsahuje kmitočty 11,7 GHz – 12,75 GHz. Konvertor musí být z toho důvodu řízen přijímačem satelitního signálu. Ten rozhoduje, zda přijímat dolní či horní pásmo a řídí konvertor pomocí řídicího signálu, který pracuje na kmitočtu 22kHz a který přichází do konvertoru přes koaxiální kabel. Satelitní přijímač musí řídit konvertor tak, aby byl nastaven na správnou polarizaci k danému signálu. Přepínání mezi vertikální a horizontální polarizací probíhá pomocí napájecího napětí konvertoru. Konvertor je napájen přes koaxiální kabel satelitním přijímačem. Pro napájecí napětí o velikosti 12,5 V – 14,5 V je nastavena vertikální polarizace a pro napětí 15,5 V – 18 V je nastavena horizontální polarizace. Tento model se používá pro konvertory s jedním, dvěma, čtyřmi a osmi výstupy, ke kterým je možné připojit jeden až osm přijímačů, dle typu. Pokud je třeba připojit

více přijímačů, je třeba volit jiný model. Ten využívá LNB Quattro, což je konvertor, který není řízen přijímačem. Má čtyři výstupy, každý výstup pro jednu kombinaci typu signálu, která může nastat. Konkrétně jsou to výstupy popsané v tabulce 12.

Tabulka 12: Výstupy LNB Quattro

Výstup	Pásmo	Polarizace
1	horní	horizontální
2	horní	vertikální
3	dolní	horizontální
4	dolní	vertikální

LNB Quattro musí být doplněn multi-přepínačem, který zpracovává signály z přijímačů a určuje, který přijímač bude připojen na který výstup LNB Quattro. Název LNB Quattro bývá často mylně znamněňován s LNB Quad, což je označení pro klasický konvertor se čtyřmi výstupy pro čtyři přijímače.



Obrázek 16: Konvertor s jedním výstupem

Při měření byly parabolické antény o průměru 60 cm a 80 cm osazeny konvertory s jedním výstupem [43]. Parabola o průměru 100 cm byla osazena jiným konvertorem, také s jedním výstupem [45]. Konvertory se od sebe mírně liší. Zatímco paraboly o průměru 60 cm a 80 cm byly osazeny konvertorem s útlumem 0,2 dB, parabola o průměru 100 cm byla osazena konvertorem s útlumem 0,3 dB, což je hodnota, která je sice vyšší, než u zbylých dvou parabolických antén, ale rozdíl není na tolik velký, aby se promítl do analýzy hodnot, kde se pohybují rozdíly mezi jednotlivými parabolami v hodnotách o jeden až dva řady vyšších.

3.2 Metodika měření vlivu vychýlení na kvalitu příjmu

3.2.1 Ideální nasměrování – maximální hodnoty parametrů příjmu

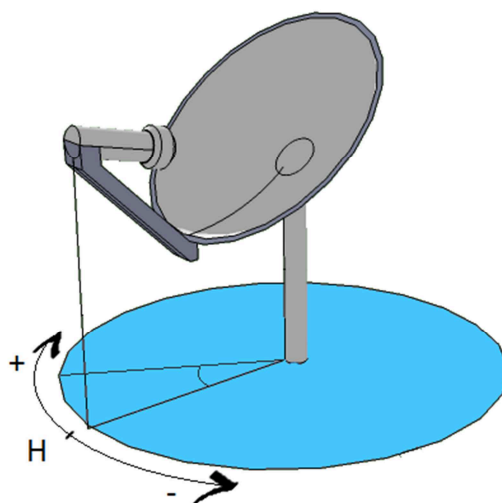
Nejprve bylo důležité nalézt ideální nasměrování paraboly, pro co nejlepší příjem. K tomu je zapotřebí znát družici a frekvenci multiplexu, který chceme měřit. V našem případě se jednalo o družici Astra 3B (viz kapitola 1.1.1). Družici lze na obloze nalézt dle parametrů, které uvádí její provozovatel (viz Tabulka 1). V našem případě je to 23,5E. To se zdá být, pro koncového uživatele, těžko odhadnutelný parametr, proto existuje spousta metod, jak tohoto nasměrování dosáhnout. Nejjednodušší je využít služeb internetových portálů, tematicky zaměřených na problematiku příjmu digitálního satelitního televizního vysílání. Zde lze nalézt například online aplikaci DishPointer [27], která slouží jako pomocník pro nasměrování paraboly. DishPointer je nástavba k aplikacím Mapy Google a Google Earth. Vybereme si požadovanou družici a místo umístění paraboly na mapě. Následně se zobrazí spojnice mezi parabolou a námi požadovanou družicí. Poté je nutné určit si, dle vlastního uvážení, orientační bod na mapě, podle kterého budete parabolu směřovat při reálném upevňování. Jako orientační body se často používají, stromy, veřejné osvětlení, věžičky, části budov atd. Při výběru místa upevnění paraboly se musí dbát na to, aby měla anténa přímý výhled na požadovanou družici, musí se vzít v potaz i elevace, která bývá kolem 30° . Při směřování skutečné paraboly víme, na který orientační bod máme parabolu směřovat. Poté je samozřejmě nutné provést velmi jemné doladění. Nastavíme si na přijímači frekvenci multiplexu, u kterého budeme měřit parametry příjmu, nebo si zapneme televizor a přijímač, na přijímači si obvykle přepneme na jeden z předladěných kanálů a v menu nastavení vyhledáme zobrazení síly a kvality příjmu. To se samozřejmě liší u každého výrobce a typu.

Pro to, abychom efektivně našli ideální nasměrování, se musí postupovat následujícím způsobem. Zjistíme, jakou polarizaci má multiplex, u kterého právě měříme kvalitu příjmu. Následující návod se týká vertikální polarizace u Astry3B. Veřejnoprávní televize vysílá na družici Astra3B na frekvenci 12525 MHz s vertikální polarizací. Proto si buď nastavíme danou frekvenci, nebo přímo na domácím přijímači přepneme na předladěnou stanici ČT24, která jako jediná vysílá bez zpoplatnění, to znamená, že ji lze naladit bez jakékoliv karty od poskytovatelů satelitního příjmu. Poté sledujeme parametry úrovně signálu. Parabolu si nastavíme, dle orientační škály, kterou většina úchytů parabol vlastní, na elevaci přibližně $32,7^\circ$ a spoje utáhneme. Konvertor vychýlíme o přibližně $+3$ stupně, protože přesně to nejsme schopni určit a bude třeba toto vychýlení posléze jemně doladit. Následně hledáme horizontálním otáčením takový směr, kde dosahuje síla signálu nejvyšších hodnot. Jakmile

ho najedeme, upevníme horizontální směr a povolíme směr vertikální. Otáčením paraboly ve vertikálním směru hledáme opět místo s největší silou a teď už i kvalitou příjmu. Při nalezení tohoto vychýlení znovu úchyt utáhneme a přejdeme na vychýlení konvertoru. Při tomto vychylování jemně otáčíme konvertorem a sledujeme pouze kvalitu signálu. Při nalezení nejlepší kvality je většinou žádoucí celý postup opakovat. To vede k nalezení ještě lepšího nasměrování paraboly.

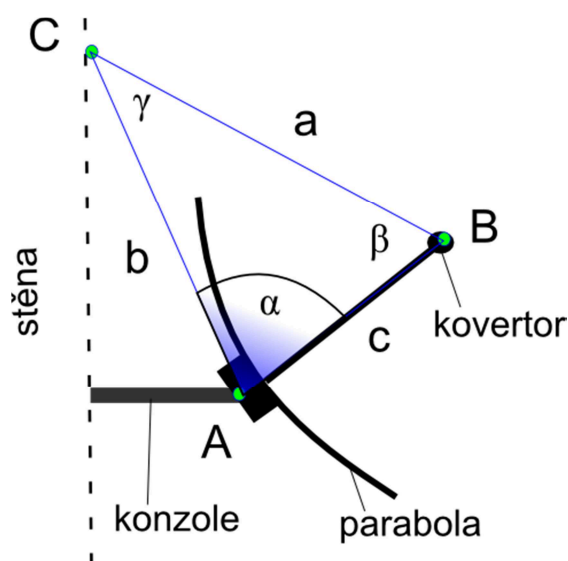
3.2.2 Horizontální vychýlení

Horizontální vychýlení znamená otáčení přijímací antény podle vertikální osy, to znamená měnit azimut nasměrování. Horizontální vychýlení se u družice udává pomocí zeměpisné délky, na které je umístěna družice. Ta je pro všechny místa, ze kterých se dá přijímat signál vysílaný družicí stejná. Pro každé místo příjmu je však jiný azimut k dané družici. Azimut má hodnotu 0° pro sever, 90° pro východ, 180° pro jih a 270° pro západ. Nabývá tedy pouze kladných hodnot. Horizontální vychýlení je zobrazeno jako kladné a záporné, aby se odlišil směr vychýlení. Horizontální vychýlení H je zobrazeno na obrázku 17.



Obrázek 17: Horizontální vychýlení - azimut

Cílem měření bylo zjistit, jaký je vliv změny horizontálního vychýlení ve stupních na jednotlivé parametry příjmu. Proto bylo nezbytné určit metodu, jakou je vhodné měřit vychýlení antény ve stupních. Pro toto měření byla navržena metoda, viz obrázek 18, kterou lze rychle a přesně měřit vychýlení antény v řádu desetin stupně. Metoda byla nazvána metoda trojúhelníků a využívá základních goniometrických funkcí.



Obrázek 18: Určení horizontálního vychýlení

Na obrázku 18 je vidět parabola s konvertorem z pohledu shora. Na nich je promítnut pomyslný trojúhelník. Bod A naznačuje vertikální osu horizontálního otáčení, neboli patu úchyty paraboly, na které se anténa otáčí. Bod B označuje bod na konci konvertoru. Bod C je vztažný bod, který je vhodně umístěn do roviny s body A a B, tak aby tvořili vodorovnou trojúhelníkovou plochu. Ideální je bod C umístit na stěnu, nebo na trojnohý stojan pro umístění přenositelných antén, který je stabilní a umožňuje umístit bod C vhodně v trojrozměrném prostoru. Je nutné si změřit stranu c , $c=|AB|$ a stranu b , $b=|CA|$. Strana b je strana mezi vztažným bodem a patou osy otáčení. Jelikož se bod C nesmí v průběhu měření měnit, bude strana b po celou dobu jednoho měření konstantní. Konstantní bude i strana c , která je mezi osou otáčení a koncem konvertoru. Měnit se tedy bude, v závislosti na úhlu α , pouze strana a , $a=|BC|$, která určuje vzdálenost vztažného bodu C a konce konvertoru B. Při měření budeme tedy získávat pouze hodnoty délky strany $a=|BC|$, tuto délku je nutné přepočítat, pomocí goniometrických funkcí na úhel α , který reprezentuje horizontální vychýlení. Zavedeme si pomocnou neznámou s , která se vypočítá dle vztahu (3.1). S její pomocí lze pak dopočítat velikosti vnitřních úhlů trojúhelníku dle (3.2), (3.3), (3.4). Ze vztahu (3.2) lze vyjádřit úhel α , který se vypočítá dle vztahu (3.5).

$$s = \frac{1}{2}(a+b+c) \quad [cm; cm, cm, cm] \quad (3.1)$$

- s - pomocná veličina

- a – strana trojúhelníku $|BC|$

- b – strana trojúhelníku $|CA|$

- c – strana trojúhelníku $|AB|$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b) \cdot (s-c)}{b \cdot c}} \quad (3.2)$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(s-c) \cdot (s-a)}{a \cdot c}} \quad (3.3)$$

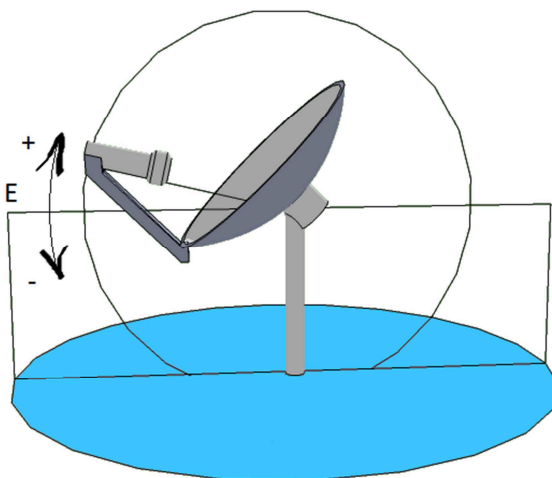
$$\sin \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(s-a) \cdot (s-b)}{a \cdot b}} \quad (3.4)$$

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin \left(\sqrt{\frac{(s-b) \cdot (s-c)}{b \cdot c}} \right) \quad (3.5)$$

Měření samotné pak probíhá následovně. Nejprve si najdeme ideální nasměrování. Změříme si velikosti stran trojúhelníku a, b, c . Poté začneme měřit parametry vstupního signálu vztažené k délce strany a . Vždy vychýlíme parabolu o velmi malý azimut a naměříme parametry. Čím jemněji budeme měřit, tím bude přesnost měření větší. Limitujícími prvky při tomto měření je měření strany a , které se provádí s přesností v řádu jednotek milimetrů a také možnosti jemného otáčení parabolou, která pro toto měření není příliš přizpůsobená, většina úchytů parabol je opatřena kovovými zuby, aby parabola co nejlépe držela v nastavené poloze. Proto nejde dosáhnout konstantního kroku při vychylování. Výhoda této metody spočívá v tom, že pokud vychylujeme v horizontálním směru, je polohovací mechanismus pro vychylování ve vertikálním směru pevně zafixován, a pro jakékoliv vychýlení můžeme naměřit délku strany trojúhelníku a , a k ní příslušné parametry signálu. Můžeme se ve směru otáčení i vracet, toho je dobré využít při hledání klíčových bodů měřeného signálu. Mezi tyto body řadíme referenční hodnotu neboli maximum, mezní hodnotu $MER=11$ dB a bod rozpadu spojení (desynchronizace). Celé měření se opakuje alespoň pětkrát, to znamená změřit celý rozsah od bodu rozpadu přes maximum k bodu rozpadu na opačné straně v obou směrech minimálně pětkrát.

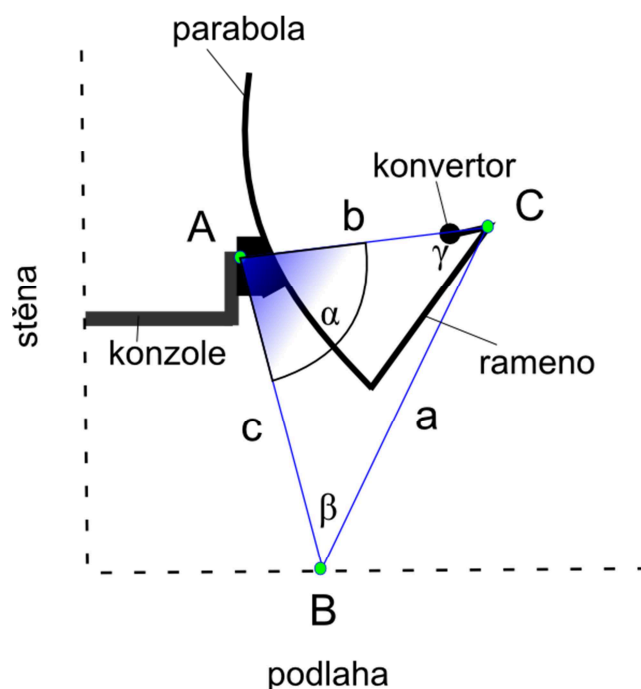
3.2.3 Vertikální vychýlení

Vertikální vychýlení paraboly znamená otáčení paraboly s konvertorem kolem horizontální osy ve vertikálním směru. Zjednodušeně řečeno by se dalo říct naklánění paraboly ve směru nahoru a dolů. Pro to abychom nasměrovali přijímací anténu na družici, ze které se požadovaný multiplex vysílá je potřeba nejenom nasměrovat anténu na správný azimut, ale je třeba ji i správně naklonit. Parametr náklonu pro každou družici se nazývá elevace a udává se ve stupních. Parametr elevace je zobrazen na obrázku 19. Pro oblast Ostrava –Poruba je elevace pro družici Astra 3B $32,7^\circ$.



Obrázek 19: Elevace paraboly

Cílem měření je zjistit, jak velký vliv má změna vertikálního nasměrování antény na přijímaný signál. K tomu, abychom mohli zjistit, o kolik stupňů se parabola vychýlí při manipulaci s polohovacím zařízením, bylo potřeba navrhnout vhodnou metodu, viz obrázek 20. Zde se opět uplatnila metoda trojúhelníků, která se podobá té, při měření horizontálního vychýlení. Liší se pouze v umístění vztažného bodu.



Obrázek 20: Měření vertikálního vychýlení

Na tomto obrázku (Obrázek 20) je vidět umístění paraboly na stěně pomocí železné konzole. Při této metodě je opět důležité vhodně umístit body trojúhelníku. Bod A, znázorňuje horizontální osu, podle které se parabola otáčí ve vertikálním směru. To bývá v praxi realizováno většinou čepem, podle kterého se parabola otáčí ve vertikálním směru. Vedle čepu bývají umístěny dva šrouby, proti sobě tak, aby byl čep přesně mezi šrouby, a těmito šrouby se docílí fixace vertikálního vychýlení. Bod B je tentokrát bod vzažný, umístěný nejlépe na zemi. Bod B musí být umístěn tak, aby tvořil s body A a C trojúhelníkovou plochu kolmou k zemské rovině. Bod C je pak vhodně umístěn na konvertoru. Při změně polohy paraboly ve vertikálním směru dochází ke změně délky strany $a=|BC|$ trojúhelníku. Strana $b=|AC|$ a strana $c=|AB|$ zůstávají konstantní po celou dobu měření. Se změnou strany a dochází ke změně úhlu α . Tento úhel reprezentuje elevaci přijímací antény. Při zjištění délky strany a je nutné znovu použít goniometrické funkce k dopočítání příslušného úhlu α , viz (3.6), (3.7), (3.8).

$$s = \frac{1}{2}(a+b+c) \quad [cm; cm, cm, cm] \quad (3.6)$$

- s - pomocná veličina
- a – strana trojúhelníku $|BC|$
- b – strana trojúhelníku $|CA|$
- c – strana trojúhelníku $|AB|$

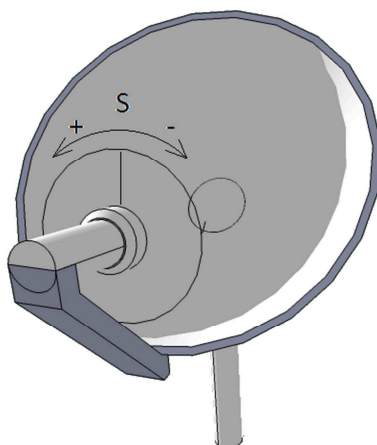
$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b) \cdot (s-c)}{b \cdot c}} \quad (3.7)$$

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin \left(\sqrt{\frac{(s-b) \cdot (s-c)}{b \cdot c}} \right) \quad (3.8)$$

Měření poté probíhá téměř stejným způsobem jako u horizontálního vychýlení. Rozdíl je samozřejmě v tom, že po nalezení ideálního nasměrování se pevně zafixuje polohovací zařízení pro změnu polohy v horizontálním směru. Mění se tentokrát poloha paraboly ve vertikálním směru, což znamená, že měníme úhel elevace a ke každé poloze přijímací antény přiřadíme příslušné naměřené parametry z měřicího zařízení. Měření se opakuje minimálně pětkrát, stejně jako u horizontálního vychylování.

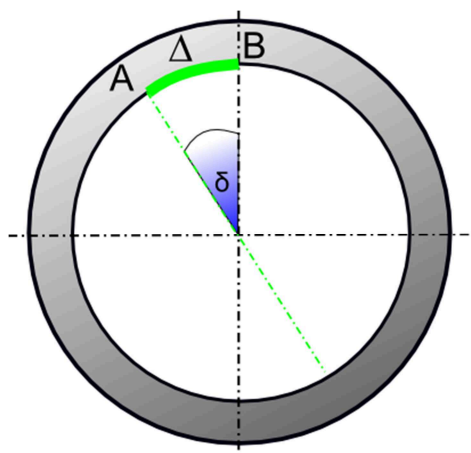
3.2.4 Vychýlení konvertoru

Vychýlení konvertoru, nebo také změna sklonu polarizační roviny (LNB skew), znamená vychýlení konvertoru kolem rotační osy. Tohoto vychýlení docílíme tak, že uvolníme úchyt konvertoru k rameni paraboly tak, aby konvertor držel na svém místě, a přesto při použití síly jsme schopni s ním jemně otáčet. Tento úhel polarizace se udává ve stupních a je zobrazen na (Obrázek 21).



Obrázek 21: Polarizační úhel

U každé družice se udává polarizační úhel, většinou pod názvem LNB skew. Ten se liší v závislosti na umístění přijímací antény, stejně jako azimut a elevace. Pro oblast Ostrava-Poruba pro družici Astra 3B je LNB skew = $+3,0^\circ$. U tohoto parametru se udává také znaménko, které říká, na kterou stranu je potřeba konvertor natočit. Obrázek 21 nejlépe popisuje, ke kterému směru otáčení je přiřazeno které znaménko. K tomu, abychom mohli určit, o kolik stupňů středového úhlu oblouku se konvertor otočí, bylo potřeba navrhnout vhodnou metodu. Když zvážíme, že průměrný konvertor má průměr válcového těla přibližně 4 cm, zjistíme, že při otočení o 1 cm obvodu se dostáváme přibližně k vychýlení o 30 stupňů. Je to velice hrubé měřítko. Konvertory bývají často opatřeny různými stupnicemi pro měření vychýlení, ty jsou ale velice nepřesné a k měření vychýlení jsou naprosto nevhodné. Zvolená metoda pracuje s měřením na obvodu těla konvertoru, kde se zaznamenává rozdíl mezi dvěma vztažnými body.



Obrázek 22: LNB skew

Na obrázku 22 je vidět změna úhlu polarizace. Je zde znázorněn řez tělem konvertoru jako kruh s bílou výplní. Šedý kruh s o něco větším průměrem naznačuje přijímací část konvertoru. Body A a B jsou vztažné body vhodně umístěné na těle konvertoru. Zde je vhodné využít například spojů plastů na těle konvertoru nebo například spojů na plastech uchycení konvertoru. Toto uchycení bývá často realizováno jako plastová objímka obepínající konvertor. Tyto spoje tvoří jakési rysky. Právě vzdálenost jako mezi těmito dvěma ryskami se bude otáčením konvertoru měnit. Rozdíl ve vzdálenosti je označen jako Δ . Tím, jak se mění vzdálenost mezi body A a B se mění i velikost středového úhlu oblouku. Úhel δ označuje změnu středového úhlu oblouku. Pro zjištění změny úhlu polarizace je nutné znát obvod těla konvertoru a změnu vzdálenosti mezi A a B. Při referenci je $\delta = 0^\circ$ a $\Delta = 0$ cm. Pro dopočet patřičného úhlu se využijí následující známé vztahy.

$$o = \pi \cdot d \quad [cm; -, cm] \quad (3.9)$$

- o – obvod těla konvertoru
- π – Ludolfova konstanta
- d – průměr těla konvertoru

$$\delta = \frac{360}{o} \cdot \Delta \quad [^\circ; ^\circ, cm, cm] \quad (3.10)$$

- δ – změna středového úhlu oblouku
- o – obvod těla konvertoru
- Δ - rozdíl ve vzdálenosti mezi A a B

Měření vlivu vychýlení konvertoru na kvalitu přijímaného signálu probíhá následujícím způsobem. Jemnou manipulací s konvertorem lze docílit toho, aby měření probíhalo s krokem $\Delta = 0,1$ cm. Tímto krokem docílíme toho, že krok ve stupních se bude přibližně pohybovat, v závislosti na konvertoru, kolem 3° . Pro každý krok změříme příslušné kvalitativní parametry vstupního signálu a pokračujeme v měření, dokud nedocílíme rozpadu spojení. Poté můžeme pokračovat opačným směrem, kdy se budou kvalitativní parametry znovu zvyšovat, dosáhneme maxima a pokračujeme, dokud nedosáhneme rozpadu spojení na druhou stranu od ideálního nasměrování.

3.2.5 Měření multiplexy

K tomu, abychom byli schopni změřit kvalitativní parametry přijímaného signálu, jsme nejprve museli nastavit přijímač na určitou frekvenci. K tomu, abychom si mohli vybrat měřený multiplex, jsme nejprve museli vybrat družici, kterou budeme měřit. Při rozhodování se postupovalo následujícím způsobem. Pro měření byla vybrána družice Astra 3B, jelikož platí za nejběžněji používanou družici pro příjem satelitního televizního vysílání v ČR. Na této družici vysílá multiplex se všemi českými veřejnoprávními televizními stanicemi. Parametry toho multiplexu jsou uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 13: Parametry vertikálně polarizovaného multiplexu

Družice	ASTRA 3B
Frekvence	12525 MHz
Systém	DVB-S
Polarizace	vertikální
Modulace	QPSK
FEC	3/4

Pro objektivní vyhodnocení vlivu vychýlení na kvalitu přijímaného signálu bylo nezbytné, aby byl měřen multiplex, který je stejně modulován (QPSK), má stejný kódový poměr (3/4) a je vysílán ze stejné družice (Astra 3B) avšak signál je polarizován opačně, oproti multiplexu 12525 MHz, tedy který je polarizován horizontálně. Proto se hledal takový multiplex pomocí skenování dostupných frekvencí. Pro to se využila funkce měřicího zařízení Auto Scan. V Auto Scanu se nastavilo hledání frekvence pro systém DVB-S, horizontální polarizaci, QPSK modulaci a 3/4 kódový poměr. Z nalezených multiplexů byl vybrán ten, který se svými parametry nejvíce blížil multiplexu 12525 MHz. Parametry tohoto horizontálně polarizovaného multiplexu jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14: Parametry horizontálně polarizovaného multiplexu

Družice	ASTRA 3B
Frekvence	11836 MHz
Systém	DVB-S
Polarizace	horizontální
Modulace	QPSK
FEC	3/4

3.3 Metodika dlouhodobého měření

Pro dlouhodobé měření byla použita stejná frekvence, na které se měřil vliv vychýlení na kvalitu přijímaného signálu. Jednalo se o frekvenci vertikálně polarizovanou, na které vysílají české veřejnoprávní televizní stanice. Její parametry jsou uvedeny v tabulce 13.

Měření probíhalo na místě, které má souřadnice 49°49'53.058"N, 18°9'30.915"E. Jedná se o střechu budovy N v areálu VŠB-TUO. Na střeše byla nainstalována železná konzole, ve výšce přibližně pasu, na kterou byla umístěna ofsetová parabolická anténa o průměru 80 cm. Jedná se o typ paraboly, který je v České republice nejčastěji používán pro příjem satelitní televize. Fotografie měřicího stanoviště je zobrazena na obrázku 23. Další fotografie z měřicího stanoviště jsou na přiloženém CD v adresáři /foto/.



Obrázek 23: Měřicí stanoviště pro dlouhodobé měření

Z konvertoru byl signál veden koaxiálním kabelem, zakončeným dvěma F konektory, na každé straně. Kabel byl veden po konzoli, přes otvor ve stěně až do místnosti strojovny vzduchotechniky. Ve strojovně vzduchotechniky je umístěn nástěnný rack, kde ústí koaxiální kabel. Do tohoto racku se mohl vložit analyzátor, připojit ho přes koaxiální kabel ke konvertoru. Rack je opatřen i zásuvkou pro napájení analyzátoru, takže se zde mohlo měřit soustavně, bez prodlev na nabití baterií analyzátoru. Jelikož bylo možné rack uzamknout, tak můžeme tvrdit, že se jednalo o ideální umístění měřicího zařízení. K dlouhodobému měření se využila funkce analyzátoru pro logování dat. Data jsou logována a ukládána do připojeného paměťového zařízení pomocí sběrnice USB. Pro ukládání dat bylo využito paměťové zařízení 1GB Kingston Data Traveler. Funkce logování dat nenabízí příliš propracovaný systém managementu, spíše by se dalo tvrdit, že ho postrádá. To znamená, že není možné nastavovat parametry logování. Při snímání frekvence 12525 MHz docházelo k zápisu dat do souboru CSV s periodou 3 s. Měření započalo 11. února 2013 v 12hod 17min. Dlouhodobé měření bylo

ukončeno 5. března 2013 v 8hod 56min. Data výstupu analyzátoru jsou na přiloženém CD v adresáři /data/csv/. V měření se vyskytovaly mezery v řádu desítek vteřin až jednotek minut. Tyto mezery sloužili k uložení nalogovaných dat do počítače, kde se provedlo jejich zálohování. Na celkový proces analýzy vlivu počasí na kvalitu příjmu tyto mezery vliv neměly.

3.3.1 Meteorologická data

Pro analyzování vlivu počasí na kvalitu příjmu satelitního televizního signálu je zapotřebí znát kvalitativní parametry přijímaného signálu v čase a také je zapotřebí znát klimatické parametry přenosové trasy, tzn. meteorologické údaje v čase. Tato data byla získána pro účely této diplomové práce z Českého hydro-meteorologického ústavu ČHMÚ (Czech Hydrometeorological Institut). Tato data byla nezbytná obstarat od ČHMÚ z toho důvodu, protože univerzitní meteorologická stanice není schopna měřit sněhové srážky. Pro měření úhrnu sněhových srážek má ČHMÚ zařízení, které je schopné změřit i úhrny vody v pevném stavu. Jedná se o speciální srážkoměr, který má vyhřívanou zachytnou plochu. Ta rozpustí zachycený sníh a ten poté ve formě kapalné vody steče do člunku srážkoměru, kde je posléze změřen úhrn srážek. Data obsahují údaje úhrnu srážek, teploty a vlhkosti z období 11. 2. 2013 až do 4. 3. 2013 a jsou uložena na přiloženém CD v adresáři /data/chmu/.

Data úhrnu jsou měřena srážkoměrem a udávají se v milimetrech. Jedná se o velikost vodního sloupce, který by za vztažený časový úsek byl naplněn na jednom metru čtverečním plochy. Data z ČHMÚ jsou uváděny s periodou jedna minuta. Pro potřeby analýzy dat se používala perioda deseti minut. Zde se sečetly úhrny za desetiminutový úsek a výsledná hodnota odpovídala desetiminutovému úhrnu srážek. Z úhrnu lze vypočítat i intenzitu srážek, ty dostaneme, pokud vynásobíme desetiminutový úhrn šesti. Intenzita je uváděna v milimetrech za hodinu. Z důvodu špatné rozlišovací schopnosti srážkoměru, která je 0,1 milimetrů, je nevhodné počítat intenzitu z nižší periody, než deset minut.

Data teploty uvádí ČHMÚ s periodou deset minut. Jedná se o aktuální hodnoty k času měření. Jednotkou jsou stupně Celsia. Data vlhkosti jsou také uváděna s periodou deset minut a také se jedná o aktuální hodnoty k času měření. Jednotkou jsou procenta, jelikož se jedná o relativní vlhkost vzduchu. Pro výpočet vlhkosti vzduchu platí vzorec (3.11). Je zde parametr mp , který udává hmotnost vodní páry v určitém objemu vzduchu. Dále parametr Mp , který udává hmotnost vodní páry ve stejném objemu vzduchu za předpokladu, že je tento objem plně nasycen vodní parou, to vše za předpokladu stejné teploty a tlaku vzduchu.

$$H_r = \frac{mp}{Mp} \cdot 100 \quad [\% ; kg, kg] \quad (3.11)$$

- H_r – Relativní vlhkost vzduchu
- mp – hmotnost vodní páry ve vzduchu
- Mp – hmotnost vodní páry v nasyceném vzduchu

Při zpracování kapitoly 3 jsem čerpal z literatury [7], [26 – 29].

4 Rozbor dat

4.1 Vliv vychýlení na kvalitu signálu

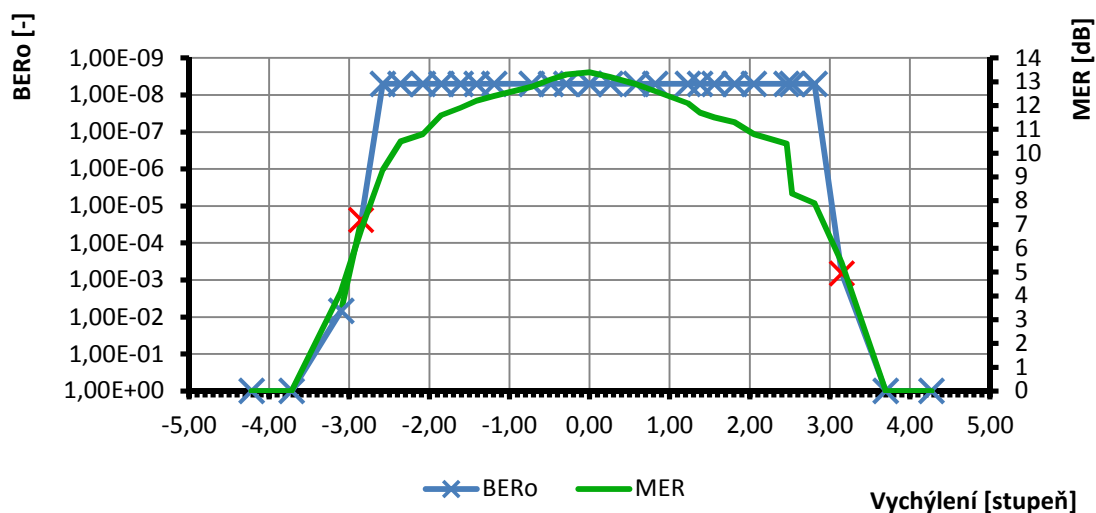
Při měření vlivu vychýlení bylo potřeba zpracovat mnoho dat. Jednalo se přibližně o 200 – 250 vzorků pro jedno měření vlivu vychýlení paraboly a přibližně 100 vzorků pro jedno měření vychýlení konvertoru. Jeden vzorek obsahuje hodnotu vychýlení, dále úroveň signálu (RF), odstup nosná-šum (C/N), bitovou chybovost vstupní (BERi), bitovou chybovost výstupní (BERo), chybovost paketu (PER) a modulační chybovost (MER). Pro všechna měření můžeme ze vzorku vyloučit hodnoty parametru chybovosti paketu (PER). Jedná se o parametr, který se udává pro systémy, DVB-S2 namísto parametru BER a MER.

4.1.1 Vliv vychýlení na výstupní bitovou chybovost BERo

Vliv vychýlení na parametr BERo je zpracován zvlášť, ve vlastní kapitole, protože se jeho hodnoty vyvíjely naprosto odlišně od ostatních parametrů, které jsou zpracovány společně. Výstupní bitová chybovost (BERo) je parametr, který je měřen na výstupu přijímače DVB-S signálu. Jedná se o parametr signálu, který již prošel opravou chyb. Je to bezrozměrný parametr, který nabývá hodnot v řádech 10^{-3} až do 10^{-9} . Pro signál DVB-S a modulaci QPSK s kódovým poměrem 3/4 se udává minimum pro kvalitní příjem v řádu 10^{-6} .

Parametr BERo si drží konstantní hodnotu pro téměř všechny vzorky. Měřicí zařízení zobrazuje hodnotu BERo jako $<5E-9$. Tento parametr je stejný pro všechny průměry paraboly, pro oba typy polarizace i pro všechny druhy vychýlení. Tedy pro horizontální, vertikální vychylování, a pro vychylování konvertoru. Hodnota je konstantní pro téměř všechny vzorky, to znamená, že někde musí nastat změna. Ta nastává těsně před rozpadem spojení. Mezní je pro tento parametr hodnota parametru MER. Pokud je hodnota MER větší než 7 dB, tak je BERo vždy $<5E-9$. Pokud je hodnota MER menší než 7 dB, tak hodnota BERo začne vždy prudce klesat. Hodnota BERo je však velice nestabilní, při odečítání se mění dokonce i o řád. Proto nemá žádnou váhu zobrazovat jakékoliv konkrétní hodnoty. Při měřeních hodnota BERo začala klesat jeden až tři kroky před rozpadem spojení, jeden krok má přibližně 0,2 až 0,4 stupně. Průběh parametru BERo je zobrazen na obrázku 24. Jedná se o měření na parabole o průměru 100 cm a při horizontální polarizaci signálu. Pro všechna ostatní měření, ať už o jiném průměru nebo o jiné polarizaci, při měření vertikálního vychýlení či vychýlení konvertoru, má křivka parametru BERo stejný charakter. Na obrázku 24 jsou zobrazeny červené body, které jsou prvním poklesem parametru BERo. Z obrázku je také patrné, že oprava chyb v přijímači satelitního vysílání velmi dobře plní svou úlohu, jelikož výstupní chybovost je

pro minimální hodnotu parametru MER pro kvalitní příjem (11 dB) vždy nižší než $5E-9$, tuto hodnotu si drží i v nižší kvalitě příjmu, až k $MER = 7$ dB, kdy se jedná už o velmi nekvalitní signál.



Obrázek 24: Vliv horizontálního vychýlení na parametr BERo

4.1.2 Vliv horizontálního vychýlení na přijímané kvalitativní parametry

V této kapitole je popsán vliv horizontálního vychýlování na parametry přijímaného signálu, mezi které patří úroveň signálu (RF), odstup signál-nosná (C/N), vstupní bitová chybovost (BERi) a modulační chybovost (MER). Vliv tohoto vychýlení je zobrazen v tabulce 15. Tato tabulka obsahuje pět sloupců. V prvním sloupci, označeném jako Bod, jsou uvedeny mezní body naměřené charakteristiky. Jedná se o Maximum, pro které je uvedeno vychýlení 0 stupňů, jde tedy o nasměrování s nejlepší kvalitou příjmu. Minimum, což je vychýlení, kdy signál dosahuje minimálních hodnot pro kvalitní příjem. Rozpad, což je vychýlení, po jehož překročení dochází k rozpadu spojení. V druhém sloupci, nazvaném Parametr, jsou uvedeny názvy jednotlivých parametrů. Sloupec Průměr 60 cm je rozdělen na dva podsloupce. Podsloupec V obsahuje hodnoty pro vertikálně polarizovaný signál, podsloupec H obsahuje hodnoty pro horizontálně polarizovaný signál. Sloupec Průměr 100 cm obsahuje také dva podsloupce. Pro bloky řádků Minimum a Rozpad jsou v tabulce uvedeny hodnoty, které se rovnají aritmetickému průměru dvou hodnot z kladného a záporného směru měření.

Tabulka 15: Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry přijímaného signálu.

Bod	Parametr	Průměr 60 cm		Průměr 100 cm	
		V	H	V	H
Maximum	RF [dBμV]	81,8	81,7	84,9	85,0
	C/N [dB]	19,8	16,0	19,0	16,1
	BERi [-]	1,0E-05	8,2E-05	2,9E-05	3,3E-04
	MER [dB]	13,9	12,6	13,4	12,5
	Vychýlení [°]	0	0	0	0
Minimum	RF [dBμV]	80,7	81,3	83,8	84,4
	C/N [dB]	18,9	14,5	17,6	14,4
	BERi [-]	5,4E-04	9,6E-04	5,4E-04	1,5E-03
	MER [dB]	11,1	11,2	11,3	11,1
	Vychýlení [°]	1,3	0,83	1,83	1,19
Rozpad	RF [dBμV]	78,5	80,2	82,0	83,1
	C/N [dB]	16,4	12,5	15,8	12,0
	BERi [-]	4,6E-02	5,3E-02	5,3E-02	5,9E-02
	MER [dB]	4,9	4,1	4,8	4,0
	Vychýlení [°]	2,6	2,14	3,12	2,52

Z tabulky jde vidět, že maximum úrovně signálu pro parabolu o průměru 100 cm je větší o více než 3 dBμV, než u paraboly 60 cm. Maximum C/N u horizontálně polarizovaného signálu je nižší přibližně o 3 dB, než maximum u vertikálně polarizovaného. To je způsobeno tím, že se jedná o jiný multiplex, který má jiné parametry. Při skenování multiplexů nebyl nalezen žádný, který by se více přibližoval svými parametry parametrům vertikálně polarizovaného multiplexu na frekvenci 12525 MHz. Úroveň signálu, odstup nosná-šum, bitová i modulační chybovost odpovídají v maximu hodnotám pro kvalitní příjem.

V bloku řádku Minimum je uvedena hranice minimálních parametrů pro kvalitní příjem. Ta je dána hodnotou MER = 11 dB. Za touto hranicí nelze zaručit bezproblémový příjem. Z tabulky lze vidět, že je tato hranice pro parabolu 60 cm a vertikální polarizaci (dále jen 60/V) 1,3 stupně, což, převedeno do praxe, je velice malá odchylka. Při horizontální polarizaci (dále jen 60/H) hodnota stupně ještě klesá, to je dáno nižší hodnotou MER a C/N při ideálním nasměrování (v maximu). Pro parabolu 100 cm při vertikální polarizaci (100/V) je hodnota vychýlení větší, což můžeme připsat větší úrovni signálu v maximu. Hranice je v tomto případě 1,83 stupňů, což je hodnota větší o 0,53 stupňů, oproti parabole 60 cm. Při manipulaci s těžkou, velkou parabolou je daleko obtížnější jemné doladování (focusování). Mechanismy pro úchyt

jdou velmi těžko nastavit tak, aby se mohlo s parabolou lehce otáčet, a zároveň aby parabola držela tak, kam ji nasměrujeme. To je s menší, lehkou parabolou daleko jednodušší a i když je na vychýlení citlivější, lze u ní daleko snáze nastavit ideální nasměrování, než je tomu u paraboly velké.

V bloku řádků Rozpad jsou popsány hodnoty parametrů těsně před rozpadem spojení. Lze vyčíst, že u 60/V klesla úroveň signálu o 3,3 dBμV oproti 1,5 dBμV u 60/H. Tento rozdíl je způsoben různými parametry obou multiplexů. U průměru 60 cm se hodnota BERi pohybuje v řádech 10^{-2} a MER kolem 4,5 dB. To jsou parametry, kdy nelze očekávat plynulý příjem. Rozpad pak nastává při překročení 2,6 stupňů u 60/V a 2,14 u 60/H. U průměru paraboly 100 cm je situace obdobná u všech parametrů. Hodnota vychýlení, kdy dochází k rozpadu je 3,12 pro 100/V a 2,52 pro 100/H. Což je přibližně o půl stupně víc, než u průměru paraboly 60 cm.

Podrobné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách v příloze A-D.

4.1.3 Vliv vertikálního vychýlení na přijímané kvalitativní parametry

Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry přijímaného signálu je popsán v tabulce 16. Její logické uspořádání sloupců a řádků je totožné s tabulkou 15. Na první pohled je vidět, že parametry v maximu jsou velmi podobné parametrům maximálních hodnot z tabulky 15, což je důsledkem předpokladu, že bylo ideální nasměrování nastavováno správně. Při pohledu na blok řádku Minimum je vidět, že pokles úrovně signálu a odstupu nosná-šum je větší, než u horizontálního vychýlování, a to pro všechny polarizace a průměry parabol. Konkrétně u 60/V je to pokles RF o 5,5 dBμV, což je o 4,4 dBμV větší rozdíl než u horizontálního vychýlení. Parametr C/N zaznamenal stejně dramatický pokles. Avšak parametr bitové chybovosti zůstal přibližně stejný, jako u horizontálního vychýlení. Ve stupních je vidět, že se dosáhlo zvětšení mezního úhlu. Toto zvýšení se projevilo více pro parabolu o průměru 60cm. Lze tedy říct, že parabola o průměru 60 cm je v nasměrování pro kvalitní příjem méně ovlivněná vertikálním vychýlením, než parabola větší, tedy o průměru 100 cm.

To však neplatí pro hranici rozpadu spojení, kde parabola 100 cm dosahuje daleko lepších výsledků, než parabola 60 cm. Pokles RF a C/N je u paraboly 100cm úměrný k hodnotám u paraboly 60 cm, která má nižší hodnoty v referenci. Jedná se o pokles RF kolem 9 -10 dBμV. Pro C/N je to kolem 9-10 dB pro vertikální polarizaci a 5-6 dB pro horizontální. Jedná se o mnohem větší pokles než při horizontálním vychýlení. Parametr BERi se pohybuje,

jako vždycky těsně před rozpadem, v řádech 10^{-2} . Hodnoty vychýlení, za kterými již nastává rozpad spojení, jsou následující. Pro 60/V je to 3,2 stupňů, pro 60/H je to 2,68 stupňů. Pro průměr 100 cm však nastává prudký vzestup. Pro 100/V je to 6,27 stupňů a pro 100/H je to 5,7 stupňů. I když byla parabola 60 cm méně náchylná na vertikální vychýlení v nasměrování, které ještě odpovídá minimálnímu příjmu, tak pro nasměrování, které zajišťuje synchronizaci spojení, tedy dokud nenastane rozpad, má parabola 100 cm téměř dvojnásobně lepší vlastnosti než parabola 60 cm. Z tabulky 15 a tabulky 16 je také vidět, že není rozdíl mezi vlivem vychýlení na vertikální nebo horizontální polarizaci. Hodnoty jsou sice různé, ale to se odvíjí od odlišné maximální hodnoty u každé polarizace. Z toho můžeme říct, že polarizace signálu nemá vliv na mezní úhly vychýlení. Podrobné hodnoty z měření vlivu vychýlení jsou zobrazeny v tabulkách v příloze E – H.

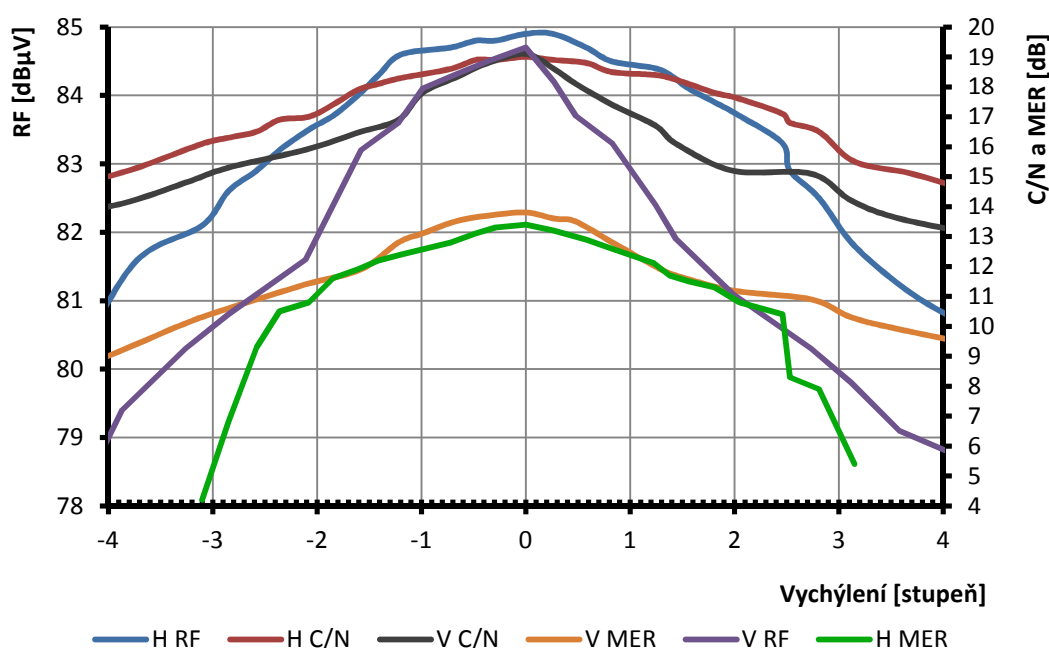
Tabulka 16: Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry přijímaného signálu

Bod	Parametr	Průměr 60 cm		Průměr 100 cm	
		V	H	V	H
Maximum	RF [dBμV]	81,8	81,8	84,7	85,1
	C/N [dB]	19,9	16,0	19,1	15,9
	BERi [-]	1,6E-05	8,1E-05	1,5E-05	1,4E-04
	MER [dB]	13,6	12,8	13,8	12,8
	Vychýlení [°]	0	0	0	0
Minimum	RF [dBμV]	76,3	80,0	81,4	82,5
	C/N [dB]	15,2	14,6	15,6	14,1
	BERi [-]	6,6E-04	6,3E-04	6,0E-04	3,7E-03
	MER [dB]	11,1	11,2	11,3	11,1
	Vychýlení [°]	2	1,25	2,05	1,51
Rozpad	RF [dBμV]	70,7	73,1	74,4	76,9
	C/N [dB]	9,7	10,3	10,5	10,2
	BERi [-]	3,3E-02	7,0E-02	5,4E-02	9,0E-02
	MER [dB]	5,7	4,9	4,6	5,1
	Vychýlení [°]	3,2	2,68	6,27	5,7

4.1.4 Srovnání vlivu vertikálního a horizontálního vychýlení

Některé srovnání je již uvedeno v kapitole 4.1.3, především ohledně oblasti minimálního příjmu. Rozpad nastává při horizontálním vychýlení u paraboly 60 cm přibližně o půl stupně dříve, než při vychýlení vertikálním. Parabola 100 cm při vertikálním vychýlení

dosahuje zvětšení mezního úhlu pro rozpad spojení téměř na dvojnásobek toho, co bylo naměřeno při horizontálním vychýlování. Příčinou je konstrukce paraboly. Jelikož se jedná o ofsetovou parabolu s konvertorem umístěným na rameni, které je připevněno ke spodní straně paraboly, tak snímaná oblast konvertorem má tvar elipsy, jelikož je konvertor mírně nakloněn. Jelikož je konvertor nakloněn ze spodu, snímaná oblast má tvar elipsy s delší stranou ve vertikálním směru. To způsobuje rozdíly mezi mezními úhly při vertikálním a horizontálním vychýlení. Srovnání je zobrazeno na obrázku 25.



Obrázek 25: Srovnání vlivu vertikálního a horizontálního vychýlení na přijímaný signál.

V grafu na obrázku 25 je vidět srovnání parametrů při horizontálním a vertikálním vychýlení. Jedná se o měření na 100/V. Parametry začínající písmenem V jsou naměřeny při vertikálním vychýlení a ty začínající písmenem H jsou naměřeny při horizontálním vychýlení. Je zde vidět lineární průběh křivek RF a C/N. Vertikální RF a C/N mají větší strmost, než horizontální RF a C/N, což potvrzuje rozbor v kapitole 4.1.3. Zelená křivka je parametr MER při horizontálním vychýlení, naznačuje rozpad spojení kolem 3 stupňů. Oranžový parametr MER při vertikálním vychýlení se zdaleka neblíží rozpadu, což potvrzuje, že má vertikální vychýlení na 100/V menší vliv než horizontální.

4.1.5 Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry

Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry přijímaného signálu je popsán v tabulce 17. Její logické uspořádání sloupců a řádků je totožné s tabulkou 15 a 16. Maximální hodnoty jsou opět téměř shodné s hodnotami v tabulkách 15 a 16, čímž je splněna podmínka správného určení maximální hodnoty. Z tabulky 17 je patrné, že ať už při hodnotě mezního úhlu pro kvalitní příjem, tak při hodnotě úhlu, za kterým již nastává rozpad spojení, se hodnota RF a C/N nemění, to znamená, že nemá klesající ani rostoucí tendenci pro jakékoliv otočení konvertoru. Mění se pouze vstupní bitová chybovost a modulační chybovost. Vstupní bitová chybovost se mění stejně jako u horizontálního i vertikálního vychýlení. Její hodnota klesá, na hranici minimálních hodnot pro kvalitní příjem dosahuje řádu 10^{-4} a před rozpadem nabývá hodnot v řádu 10^{-2} . Stejně tak parametr MER, ten je v boku řádků Minimum roven 11,0 - 11,5 dB a před rozpadem se jeho hodnota pohybuje kolem 4 - 5dB. To jsou hodnoty typické pro všechny typy měření. Zajímavější je hodnota úhlů. U 60/V se dosáhne minimálních hodnot pro kvalitní příjem při vychýlení 11,14 stupňů. U 60/H je to 15,92 stupňů. Při měření paraboly o průměru 100 cm je to hodnota přibližně 14,3 stupně. To je dobrá zpráva například pro uživatele, přijímající signál z družice Astra 3B, ta vyžaduje pro oblast Ostrava – Poruba natočení konvertoru +3 stupně, pro nejlepší příjem. Horší zpráva je to například pro uživatele, kteří přijímají signál z družice Thor 5 a Thor 6, která udává pro stejnou oblast vychýlení konvertoru o +14,5 stupňů. Z tabulky je vidět, že pokud uživatel nemá potřebné informace, jak správně nastavit parabolickou anténu pro příjem z konkrétní družice, nebo pokud tyto informace ignoruje a ponechá konvertor ve výchozím stavu, s vychýlením 0 stupňů, může se stát, že nasměruje správně parabolu (například na družici Thor 5), přijímač bude ukazovat skvělou sílu signálu a velmi špatnou kvalitu signálu.

K úplnému rozpadu spojení dochází u 60/V a 100/V po překročení hranice 28,65 stupně. Pro 60/H je to 35,01 stupně a pro 100/H je to 32,95 stupně. Při uvážení velikosti konvertoru ale musíme mít na paměti, že vychýlení 30 stupňů nepředstavuje příliš velké otočení konvertorem v praxi. V přepočtu na centimetry je to v praxi přibližně o jeden centimetr obvodu těla konvertoru. Podrobné hodnoty z měření vychýlení konvertoru jsou uvedeny v tabulkách v příloze I – L.

Tabulka 17: Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry

Bod	Parametr	Průměr 60 cm		Průměr 100 cm	
		V	H	V	H
Maximum	RF [dBμV]	81,9	81,7	84,9	85,0
	C/N [dB]	19,6	15,8	18,9	16,1
	BERi [-]	1,6E-05	7,3E-05	2,9E-05	4,1E-05
	MER [dB]	12,9	12,4	13,5	12,6
	Vychýlení [°]	0	0	0	0
Minimum	RF [dBμV]	82,0	81,9	84,8	84,8
	C/N [dB]	19,6	16,0	18,8	15,8
	BERi [-]	7,3E-04	6,5E-04	4,1E-04	1,7E-03
	MER [dB]	11,0	11,2	11,5	11,1
	Vychýlení [°]	11,14	15,92	14,32	14,35
Rozpad	RF [dBμV]	81,9	81,8	84,8	84,8
	C/N [dB]	19,6	15,8	19,0	15,8
	BERi [-]	8,2E-02	6,6E-02	5,3E-02	5,6E-02
	MER [dB]	4,0	4,9	5,0	4,6
	Vychýlení [°]	28,65	35,01	28,65	32,95

4.2 Vliv počasí na kvalitu signálu

Při vyhodnocování vlivu počasí na kvalitu přijímaného signálu byla použita meteorologická data z Českého hydro-meteorologického ústavu. Tato data se týkala úhrnu srážek, relativní vlhkosti a teploty v deseti minutových intervalech. K tomu se porovnávala data z měřicího přístroje, která jsou mediánem dat v tom samém desetiminutovém úseku. Pro analýzu vlivu intenzity srážek na kvalitu příjmu byla vybrána data ze dnů, která obsahovaly nenulové hodnoty parametru úhrnu srážek. Jednalo se o dny 12. únor, 13. únor, 15. únor, 16. únor, 19. – 24. února, 26. únor a 27. únor. Při analýze vlivu teploty a vlhkosti na kvalitu příjmu byly použity data z celého měřeného období. Jeden vzorek obsahuje hodnotu intenzity (I), dále teplotu (T), vlhkost (H), úroveň signálu (RF), odstup nosná-šum (C/N), bitovou chybovost vstupní (BERi), a modulační chybovost (MER). Postup výpočtu intenzity srážek z úhrnu srážek je popsán v kapitole 3.3.1. Po konzultaci na katedře aplikované matematiky byl při statistickém zpracování dat použit pro výpočty program Statgraphics, viz [39].

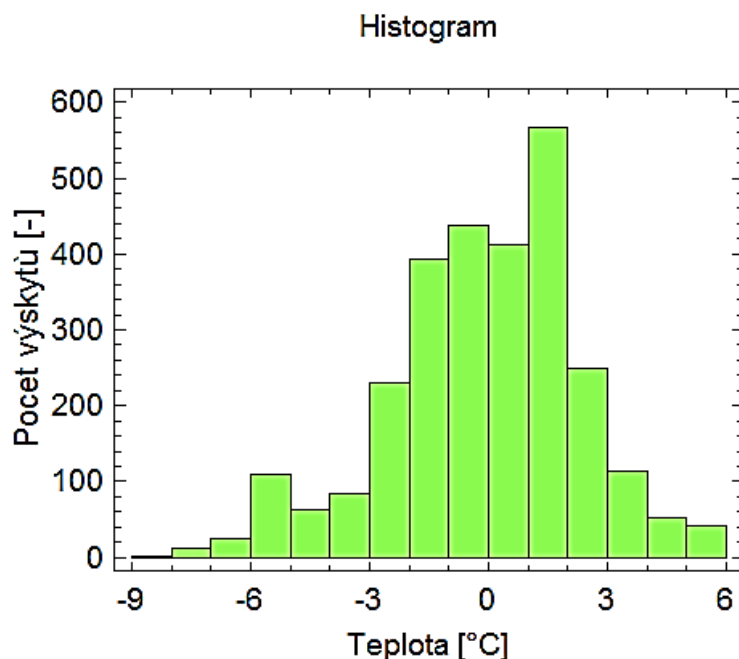
Program Statgraphics je profesionální statistický nástroj pro zpracování, analýzu a vyhodnocení dat. Pro tuto diplomovou práci se využíval tabulkový vstup a následné automatizované výpočty požadovaných parametrů a jejich grafické znázornění. Jednalo

se o výpočty korelačních koeficientů s použitím různých modelů, hladin významnosti a výpočty spojené s hledání jiné než lineární závislosti. Postup jednotlivých výpočtů je uveden v literatuře [30 – 32]. Při explorační analýze bylo použito znázornění hodnot pomocí histogramů. Při vyšetřování závislostí bylo použito prokládání křivkou. Ukázka z uživatelského prostředí programu Statgraphics je v příloze MM, jedná se o ukázkou explorační analýzy teploty. Tabulkový vstup dat je zobrazen v příloze NN. Program Statgraphics byl doporučen jako vhodný po konzultaci na katedře aplikované matematiky a i z toho důvodu, jelikož bylo možné využít vlastních zkušeností s prací v programu, které byly získány během absolvování předmětu Statistika I.

Při zobrazování vlivů jednotlivých klimatických vlivů na kvalitativní parametry přijímaného signálu bylo vynecháno datum 23. 2. 2013 z důvodu odlehlého pozorování. Toto datum je rozebráno v kapitole 4.2.4 kvůli nestandardním naměřeným hodnotám, které se v tomto datu objevují.

4.2.1 Vliv teploty na kvalitu signálu

Vliv teploty na kvalitu příjmu obsahuje analyzovaná data z celého časového rozsahu měření, výjimkou je den 23. 2. 2013, který v analýze zahrnut není. Teplota se za analyzované doby pohybovala v rozmezí -9 až +6 stupňů Celsia. Konkrétní rozložení teploty je zobrazeno v histogramu na obrázku 26. Z grafických závislostí se je nejlépe vidět závislost teploty a parametru MER. Ta je zobrazena na obrázku 27. Z dalších závislostí, které jsou zobrazeny v grafech v příloze M – O, je vidět, že lze mluvit také o závislosti mezi teplotou a BERi. BERi má sestupnou tendenci s rostoucí teplotou. Je vidět, že při teplotách pod nulou, je BERi v naprosté většině v řádu 10^{-4} . Při teplotách vyšších než 0 stupňů se BERi přesouvá do řádu 10^{-3} .



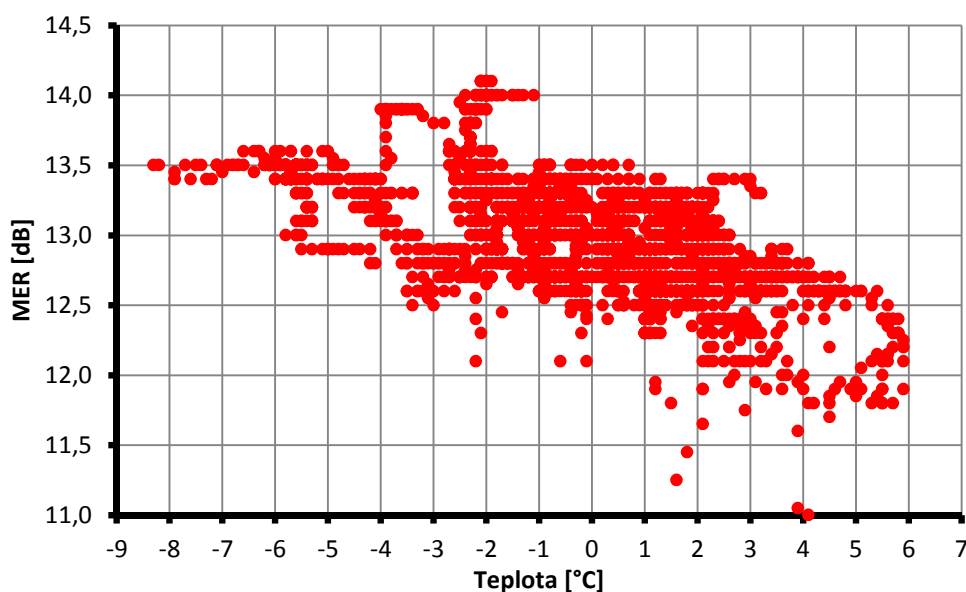
Obrázek 26: Histogram teploty

U parametru MER je vidět jasná sestupná tendence. Při teplotách nižších než 0 stupňů je většina vzorků umístěných nad hranicí MER = 13 dB. Při teplotách nižších než 0 stupňů je tomu přesně naopak. Hodnota MER klesla přibližně o 1 dB v rozmezí měřených teplot. Závislost mezi MER a teplotou byla podrobena statistickému šetření. Při tomto šetření byla zjištěna lineární závislost mezi všemi kvalitativními parametry a teplotou. Korelační koeficienty jsou uvedeny v tabulce 18. Korelační koeficient určuje míru lineární závislosti, může nabývat hodnot $<-1,1>$. Čím víc se blíží v absolutní hodnotě k 1, tím, je lineární závislost silnější. Hladina významnosti je zde nastavena 95%, to znamená, že P % value musí být nižší než 0,05. Z tabulky 18 jde vyčíst, že hodnota korelačního koeficientu v absolutní hodnotě je největší pro parametr MER, to znamená, že mezi MER a teplotou je největší lineární závislost. Při detailnější analýze dat nebyla zjištěna žádná jiná než lineární závislost. V příloze GG je graf závislosti MER na teplotě proložen křivkou lineárního modelu. Ani při odstraňování odlehlých pozorování, či testování vhodnosti jiného modelu, nevzrostla kvalita modelu nad 50%, což znamená, že proložení křivkou nemá dostatečnou vypovídací hodnotu. V tomto případě (Příloha GG) se jedná o kvalitu modelu (R^2) 33,79%, to znamená že 66,21% hodnot zůstává tímto proložením a funkčním vztahem, který je popsán nad grafem, nevysvětleno. Z toho důvodu není vhodné uvést graf s proloženou křivkou jako přesné znázornění závislosti mezi MER na teplotě. Na druhou stranu je z proložení křivkou vidět jasná

klesající tendence hodnoty MER s rostoucí teplotou a i když není závislost přesně popsána, klesající tendence je proložením popsána dostatečně věrohodně. Grafy se závislostí dalších parametrů proložené křivkou jsou v příloze GG – JJ. Tendence je s rostoucí teplotou klesající u hodnot všech kvalitativních parametrů (Hodnota parametru BERi má rostoucí tendenci, ale u parametru BERi, na rozdíl od ostatních parametrů, znamená rostoucí hodnota pokles kvality).

Tabulka 18: Závislost parametrů příjmu na teplotě

Teplota		
Parametr	Korelační koeficient	P % value
RF	-0,3266	0
C/N	-0,3315	0
BERi	0,4449	0
MER	-0,5813	0



Obrázek 27: Závislost parametru MER na teplotě

4.2.2 Vliv vlhkosti na kvalitu příjmu

Vlhkost nabývala po dobu měření hodnot 30 – 100 %. Přesné rozložení hodnot vlhkosti je uvedeno v histogramu v příloze P. Při zjišťování závislosti mezi jednotlivými kvalitativními parametry příjmu a vlhkostí, pomocí programu Statgraphics, nebylo dosaženo žádného statisticky průkazného závěru, který by nějakou závislost potvrzoval, tzn. nebyla splněna podmínka hladiny významnosti, a při hledání jiného modelu nebyla kvalita modelu vyšší než 50%, ani po odstranění odlehlých pozorování. Hodnoty korelačních koeficientů

jsou uvedeny v tabulce 19. Zde korelační koeficienty ukazují velmi nízké hodnoty pro všechny parametry příjmu. Není splněna podmínka hladiny významnosti ani u jednoho parametru. Nejbližší byl parametr RF. Při hledání vhodného regresivního modelu, který by mohl odhalit jinou, než lineární závislost se nedospělo k takovému, který by měl hodnoty R^2 větší než 24%, to znamená, že by zůstávalo 76 % rozptylu hodnot vlhkosti zvoleným modelem nevysvětleno. Grafické znázornění závislosti vlhkosti s jednotlivými parametry příjmu je zobrazeno v grafech v příloze Q – T. Z grafů v příloze Q – T je na první pohled zřejmé, že nemůžeme s rostoucí hodnotou vlhkosti mluvit o jakékoliv tendenci hodnot u všech parametrů. Více než třetina hodnot vzorků vlhkosti leží mezi 90 a 95 %, zde je také rozptyl hodnot jednotlivých parametrů největší.

Tabulka 19: Závislost parametrů příjmu na vlhkosti

Vlhkost		
Parametr	Korelační koeficient	P % value
RF	0,02491	0,1178
C/N	-0,01751	0,3317
BERi	-0,02234	0,1219
MER	-0,012615	0,3528

4.2.3 Vliv intenzity srážek na kvalitu příjmu

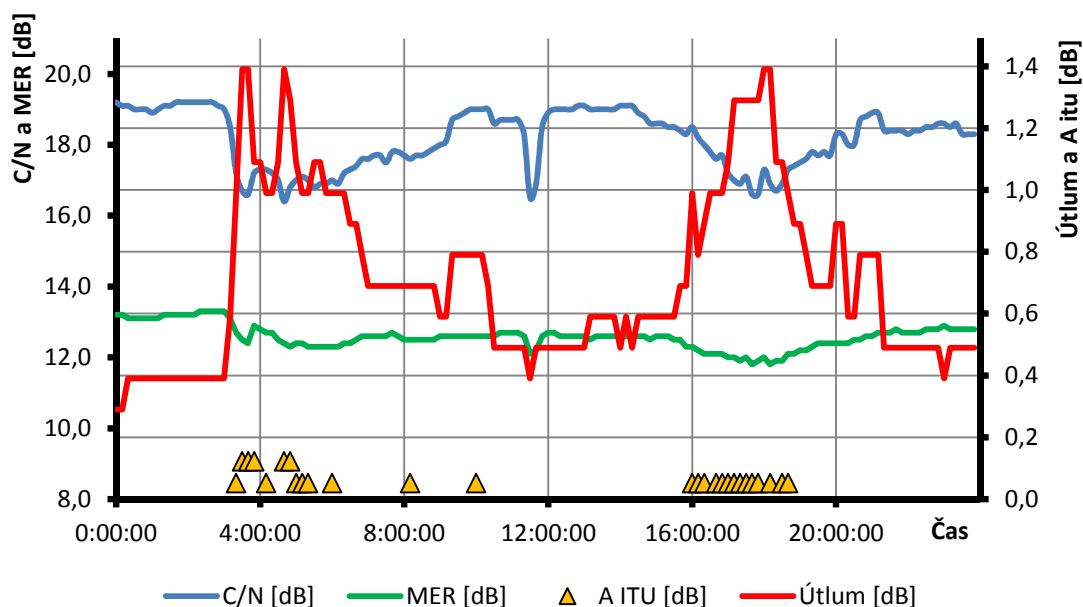
U posuzování vlivu intenzity srážek na kvalitativní parametry přijímaného signálu je třeba postupovat jinak, než u teploty a vlhkosti. Rozložení hodnot intenzity je vidět na histogramu v příloze U. Vliv intenzity srážek se totiž chová jinak, když jde o srážky sněhové, a jinak když jde o srážky dešťové. Celkové vyhodnocení však ukazuje, že u všech parametrů se dá mluvit o lineární závislosti na intenzitě, jak je vidět v tabulce 20. Největší závislost se ukázala u parametru C/N. Při šetření možných dalších závislostí, nebyla zjištěna žádná další závislost, než lineární. U všech parametrů je splněna podmínka hladiny závislosti.

Tabulka 20: Závislost parametrů příjmu na intenzitě

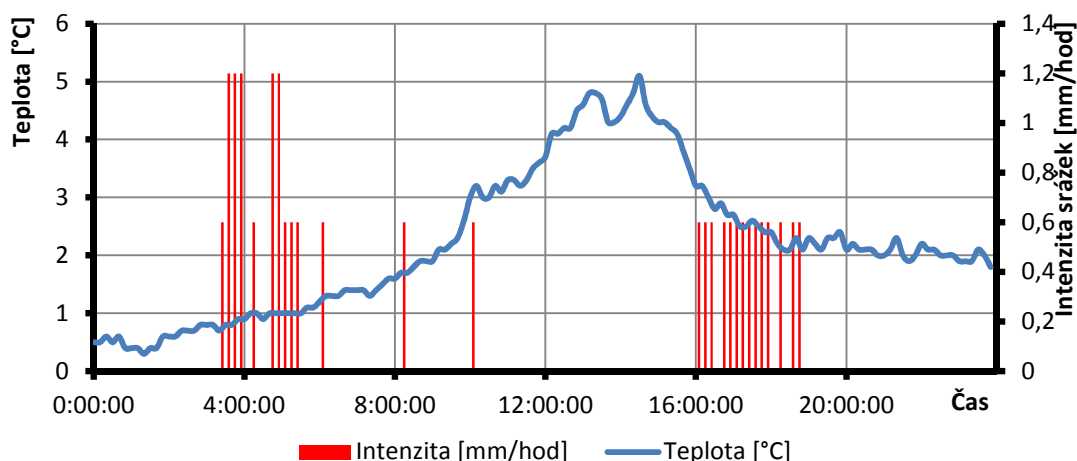
Intenzita		
Parametr	Korelační koeficient	P % value
RF	-0,0766	0,0201
C/N	-0,1075	0,0011
BERi	0,0998	0,0024
MER	-0,0546	0,0297

Pro posouzení vlivu intenzity na útlum signálu, kterým se zabývá i model dle doporučení ITU-R P.618-10 (dále jen ITU), je lepší si ukázat přímo konkrétní datum. Dne 24. 2. 2013 bylo deštivé počasí a teploty se pohybovaly nad bodem mrazu po celý den. Tento den popisuje graf na obrázku 28. Útlum je vypočítán jako rozdíl referenční hodnoty RF (87,5 dB μ V) a aktuální naměřené hodnoty. Graf na obrázku 28 má tři osy. Teplota je vynášena k vertikální ose vlevo. Vertikální osa vpravo je společná pro útlum a A_{ITU} , její jednotkou je decibel. Na horizontální ose je vynesena čas. Útlum je hodnota vypočítaná z naměřeného parametru RF a je vyznačen v grafu jako červená křivka. Teplota je vyznačena jako modrá křivka. A_{ITU} je hodnota útlumu, který je předpověděn modelem podle doporučení ITU a který je funkcí intenzity srážek, v grafu je vyznačen žlutými body, které označují, jakou část útlumu, v konkrétní okamžik, způsobují dešťové srážky. V grafu je patrné, že před čtvrtou hodinou ranní začalo pršet. Tím se zvedá útlum přibližně o jeden decibel. Podle A_{ITU} by hodnota měla být kolem 0,2 dB, ve skutečnosti je však hodnota útlumu mnohem větší. Kdyby se podle doporučení ITU mělo jednat o útlum kolem jednoho decibelu, tak by intenzita deště musela být kolem 8 mm/hod, viz tabulka 7. Tento rozdíl je způsoben teplotou, která se pohybuje kolem bodu mrazu. To může způsobit, že i když se na povrchu země můžou srážky jevit jako dešťové, mohou přecházet podél přenosové cesty mrakem i na srážky smíšené, tj. déšť se sněhem, nebo mokrý sníh. Ten díky větším rozměrům částek v ovzduší tvoří větší útlum než klasická kapka dešťová.

Déšť poté ustává a útlum klesá. Kolem čtvrté hodiny odpoledne znovu začíná pršet a útlum znovu prudce stoupá. Ke konci dne zcela ustanou dešťové srážky a tím i klesne útlum. Z grafu je patrné, že útlum je skutečně velmi závislý na intenzitě srážek a že se při hodnotách A_{ITU} do 0,2 dB, což odpovídá asi intenzitě 1 – 1,5 mm/hod dosahuje útlumu kolem jednoho decibelu. Z grafu je poznat, že parametry MER a C/N klesají významným způsobem. Parametr C/N klesl přibližně o 3 dB, ale ani tak se nedostal k hranici pro kvalitní příjem, která je přibližně 15 dB. Parametr MER neklesl nikdy pod 11 dB, to znamená, že je také zachována podmínka pro kvalitní příjem. Pro lepší názornost je třeba graf na obrázku 28 srovnat s grafem na obrázku 29, kde je vyznačena teplota a intenzita srážek ve stejný den.



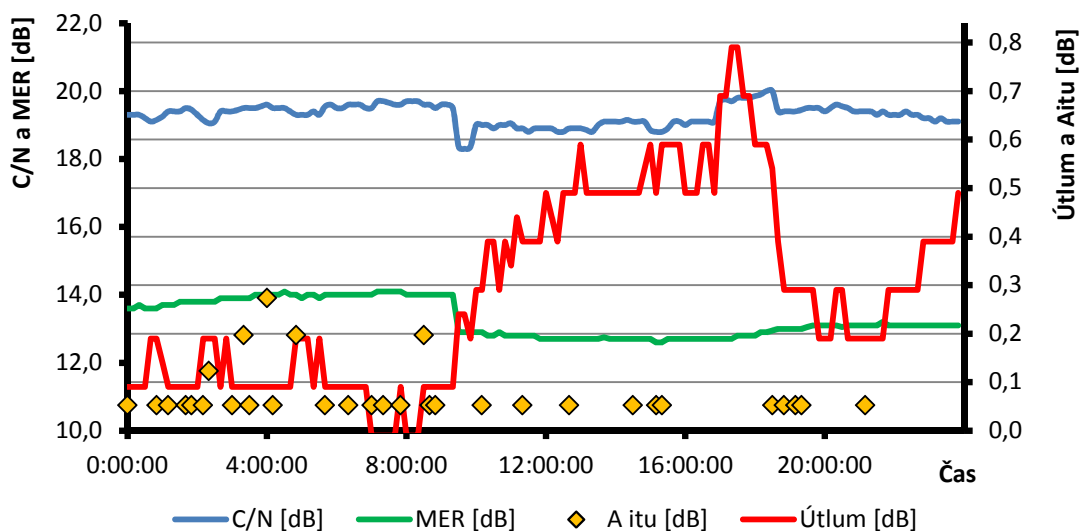
Obrázek 28: Graf závislosti útlumu na intenzitě dne 24. 2. 2013



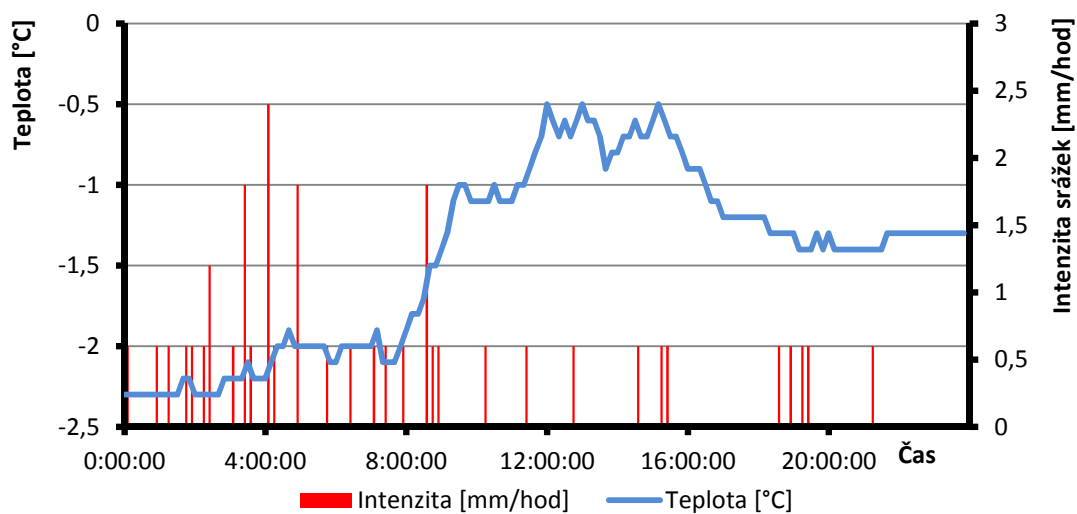
Obrázek 29: Graf teploty a intenzity srážek dne 24. 2. 2013

Problém ale nastává při teplotách pod bodem mrazu. Tam má intenzita srážek naprosto jiný vliv než je tomu při teplotách nad bodem mrazu. To je zobrazeno v grafu na obrázku 30. Popis os a zobrazené parametry mají stejné grafické znázornění jako u grafu na obrázku 28. Na grafu z obrázku 30 je vidět, že přes intenzivní srážky, v tomto případě sněhové srážky, se hodnota útlumu, MER a C/N nemění s rostoucí intenzitou srážek, která je zde zobrazena pomocí parametry A_{ITU} , který je funkcí intenzity. Intenzita v maximu A_{ITU} dosahuje 2,4 mm/hod. Hodnota útlumu se mění nezávisle na sněhových srážkách, to potvrzuje například i graf v příloze BB. Ostatní dny jsou zobrazeny v příloze V – DD. Pro lepší názornost

je třeba graf na obrázku 30 srovnat s grafem na obrázku 31, kde je vyznačena teplota a intenzita srážek.



Obrázek 30: Graf závislosti útlumu na intenzitě dne 13. 2. 2013

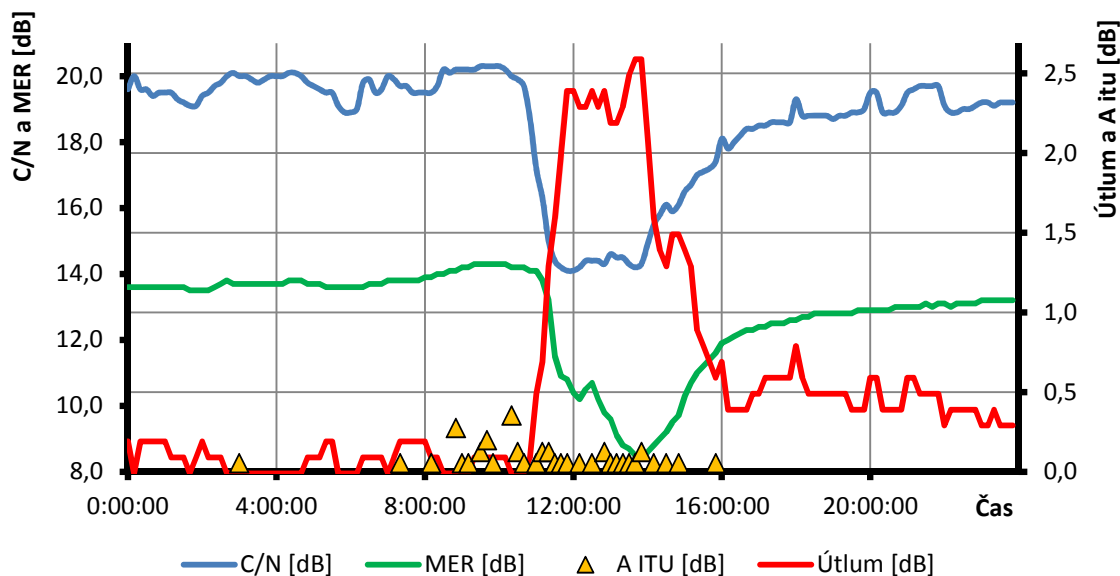


Obrázek 31: Graf intenzity srážek a teploty dne 13. 2. 2013

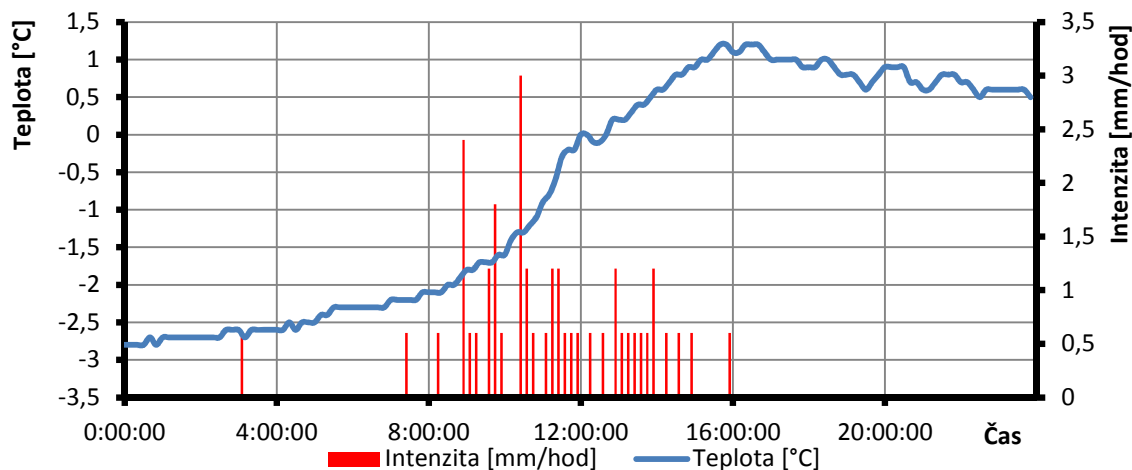
4.2.4 Vliv intenzivních sněhových srážek na kvalitu příjmu

Při měření vlivu počasí na kvalitativní parametry přijímaného signálu se naměřila také data neobjektivní a to z důvodu intenzivních sněhových srážek. Ty nastaly dne 23. 2. 2013. Nebyly to však pouze intenzivní sněhové srážky, které způsobily problémy s příjmem signálu. Jednalo se o kombinace sněhových srážek, typu sněhu, teploty, vlhkosti, síly a směru větru. Tyto všechny aspekty dohromady způsobily, že se na ofsetové anténě začal vrstvit sníh.

A to je pro kvalitu příjmu velmi vážný problém. Parametry útlumu, intenzity, MER a C/N jsou zobrazeny v grafu na obrázku 32 a graf intenzity srážek a teploty je na obrázku 33. Z grafu je patrné, že po intenzivním sněžení prudce stoupne hodnota útlumu a to až o 2,5 dB. Ostatní parametry také zaznamenaly prudký pokles hodnot.



Obrázek 32: Graf závislosti parametrů příjmu na intenzitě



Obrázek 33: Graf intenzity srážek a teploty dne 23. 2. 2013

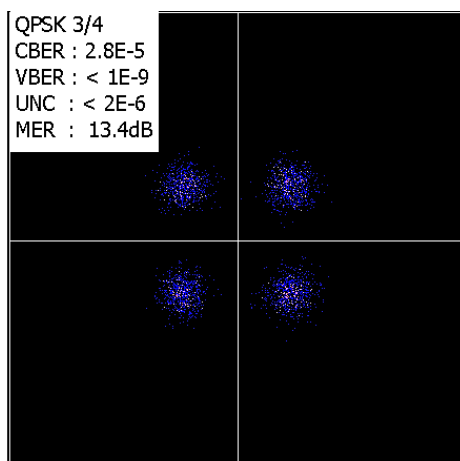
Pro běžného uživatele existují možnosti, jak se před nasněžením nánosu sněhu na parabolu bránit. Používají se například stříšky, které se namontují na horní okraj paraboly,

ty však nezabrání zasněžení konvertoru. Dále se používají zahřívací zařízení, které zahřejí parabolu a konvertor tak, aby na nich nanesený sníh tál a netvořil vrstvy. Nově se objevují také speciální materiály, ze kterých jsou vyrobeny vaky, do kterých se celá parabola i s ramenem a konvertoru zabalí. Látka musí být vyrobena tak, aby nezpůsobovala útlum signálu a zároveň aby se na ní neudržely kapky vody a vločky sněhu. Z výčtu možností vyplývá, že vrstvení sněhu na anténě je pro satelitní příjem skutečný problém. Existuje i jiné řešení, které je zcela zadarmo. Parabola by se měla umístit tak, aby uživatel mohl bez pomoci žebříků, či jiných podobných zařízení, sníh z paraboly smést.

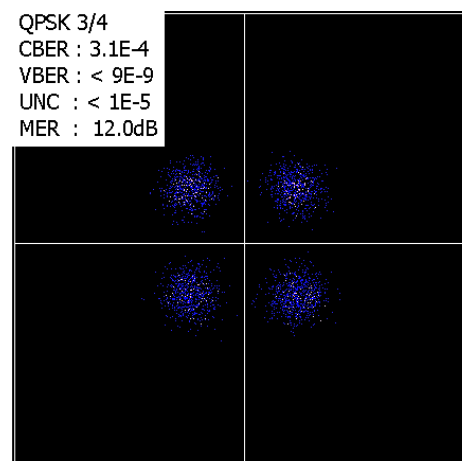
4.3 Konstelační diagramy

V této kapitole je popsán vliv snížení kvality přijímaného signálu na tvar konstelačních diagramů. Jedná se o srovnání konstelačních diagramů modulace QPSK. Tvar konstelačního diagramu je zobrazen na obrázku 8. Konstelační diagram zobrazuje signál v komplexní rovině, kde jsou jednotlivé symboly signálu uváděny jako komplexní čísla. Při kvalitním příjmu jsou jednotlivé symboly demodulovány a zobrazeny do konstelačních bodů o co nejmenším průměru. To je vidět na obrázku 34, kde je zachycena QPSK modulace z dlouhodobého měření, kdy se měřilo za pěkného počasí, a kvalitativní parametry dosahovaly vysokých hodnot. Bohužel analyzátor nepřidává k těmto diagramům barevnou škálu, která by byla legendou, co se týče přesného počtu symbolů. Modrá barva naznačuje jednotlivé symboly a s červenou jejich počet roste.

Se snižující se kvalitou příjmu se průměr konstelačních bodů zvětšuje a hustota pokrytí symbolů v konstelačním bodu klesá. To je vidět na obrázku 35, kde je zobrazen konstelační diagram QPSK modulace, ze stejného měření, ovšem v jiný čas, a to v době deště se sněhem. Konstelační body zde mají o něco málo větší průměr, než je tomu na obrázku 34. Pro srovnání je dobré vědět, jak vypadá konstelační diagram těsně před rozpadem spojení, to je zobrazen v příloze EE.



Obrázek 34: Konstelační diagram QPSK za dobrého počasí



Obrázek 35: Konstelační diagram QPSK za deště se sněhem

Při zpracování kapitoly 4 jsem čerpal z literatury [30 – 32].

Závěr

Z měření závislosti vychýlení ofsetové antény na kvalitativních parametrech příjmu se dají vyvodit následující závěry. Nebylo prokázáno, že typ polarizace má vliv při měření závislosti kvalitativních parametrů na vertikálním, horizontálním, či konvertorovém vychýlení. Se zvětšujícím se průměrem paraboly se zvětšuje i úhel vychýlení horizontálním i vertikálním směrem, při kterém kvalitativní parametry klesnou na minimum pro kvalitní příjem nebo kdy klesnou až k hranici rozpadu spojení. S rostoucí váhou a plochou paraboly je ovšem obtížnější manipulace a hledání ideálního nasměrování pro větší paraboly, i když jejich mezní úhly dosahují větších hodnot. Mezní úhly při vertikálním vychýlení dosahují větších hodnot než při horizontálním vychýlení, to je způsobeno konstrukcí ofsetové antény, kdy konvertor není umístěn přímo ve středu paraboly. Při vychylování konvertoru bylo zjištěno, že neklesá úroveň ani odstup nosná-šum signálu, naopak klesá bitová a modulační chybovost. Při všech typech vychýlení, kdy se vychylovalo ve dvou směrech, se dají závislosti v obou směrech považovat za symetrické, tzn., že křivky hodnot v závislosti na vychýlení mají podobný tvar při vychýlení doleva od ideálního nasměrování a doprava od ideálního nasměrování, to samé platí ve vertikálním směru i pro vychýlení konvertoru.

Při měření závislostí bylo zjištěno, že vlhkost vzduchu nemá na kvalitativní parametry vliv. Naopak teplota vliv má, nejvíce pak ovlivňuje parametr modulační chybovost. Hodnoty všech parametrů s rostoucí teplotou klesají. Nemůžeme ovšem tvrdit, že to platí pro celý obor hodnot teploty, kterých může v České republice po dobu čtyř ročních období nabývat. Jedná se o rozmezí $<-9, +6>^{\circ}\text{C}$. Je to rozmezí, kdy voda mění skupenství z pevného na kapalné a naopak. Bylo prokázáno, že intenzita sněhových srážek má velmi malý vliv na kvalitu příjmu. Naopak déšť se sněhem, nebo mokrý sníh snižují hodnoty kvalitativních parametrů mnohem více, než samotná voda v kapalném skupenství. Samotný sníh ovšem způsobuje ještě jeden velký problém, a to je vrstvení sněhové pokrývky na anténě. Tím může dojít až k rozpadu spojení. Tento jev by se neměl podceňovat a mělo by se mu předcházet, jinak může způsobit v tuhých zimách velké komplikace pro uživatele satelitní televize.

Při měření vlivu vychýlení se velmi osvědčila metoda měření vychýlení paraboly, která byla pro tuto diplomovou práci navržena a odzkoušena. Jde o velice jednoduchou, nenákladnou, rychlou a přesnou metodu. Tato metoda by mohla být zahrnuta i do praktických měření studentů v laboratoři, kdy by mohla nahradit metody měření vychýlení pomocí různých značek na stojanech a podobně.

Tato práce může být i pro nezkušeného uživatele satelitní televize návodem, jak správně nastavit a nasměrovat satelitní anténu, jak správně vyhodnocovat jednotlivé kvalitativní parametry příjmu, jak pracovat s konvertorem, a jak předejít možným problémům zapříčiněných počasím.

Pro potřeby získání kvalitnějších výstupů, by bylo třeba zvětšit časový rozsah měření a analyzovat vliv počasí na kvalitu příjmu ve všech ročních obdobích, kdy se objeví všechny běžné meteorologické jevy, které se na území České republiky objevují. To znamená změřit kvalitativní parametry příjmu při sněžení, ale i při letních bouřkách, kdy se teploty u povrchu Země pohybují kolem 30 °C a intenzita srážek dosahuje podstatně vyšších hodnot, než je tomu v zimních měsících. Dále by bylo užitečné zjistit, zda má velikost přijímací antény vliv na změny kvality příjmu při působení počasí. Následně také porovnat rozdíl mezi DVB-S a DVB-S2 signálem, a porovnat, který je odolnější vlivům počasí.

Použitá literatura

- [1] FISCHER, Walter. Digital television: a practical guide for engineers. 2. vyd. Berlin: Springer, 2004, 384 s. ISBN 35-400-1155-2
- [2] REIMERS, Ulrich. DVB: the family of international standards for video broadcasting. 2. vyd. Berlin: Springer-Verlag, 2005, xvii, 408 s. ISBN 35-404-3545-X.
- [3] EN 300 421 V1.1.2. Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services. France: ETSI, 1997. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300421/01.01.02_60/en_300421v010102p.pdf
- [4] SAUNDERS, Simon R a Alejandro ARAGÓN-ZAVALA. Antennas and propagation for wireless communication systems: the family of international standards for video broadcasting. 5. vyd. Hoboken, NJ: John Wiley, 2007, xxii, 524 s. ISBN 04-708-4879-0.
- [5] MARAL, Gérard, Michel BOUSQUET a Zhili SUN. Satellite communications systems: systems, techniques and technology. 2. vyd. Chichester, West Sussex, U.K.: John Wiley, 2009, xxvii, 713 s. ISBN 04-707-1458-1.
- [6] KASAL, Miroslav, Michel BOUSQUET a Zhili SUN. Směrové a družicové spoje: přednášky. 2. vyd. Brno: VUT FEKT, 2003, 107 s. ISBN 80-214-2496-6.
- [7] SatCentrum: Česká a Slovenská satelitní a TV doména [online]. 2002 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.satcentrum.sk/>
- [8] SLOBODA, Ing. Dušan. Rychlost v DVB-S. Parabola.cz [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.parabola.cz/abc/rychlost-v-dvb-s/>
- [9] STEPHAN C. PASCALL, Stephan C. David J a Foreword by Robert VERRUE. Commercial satellite communication. 2. vyd. Oxford: Focus, 1997. ISBN 07-506-1235-5.
- [10] MALÝ, Vladimír. Rozdělení TV a SAT pásma, kmitočty. Antena.cz: clanky [online]. 2013 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.antena.cz/clanky/rozdeleni-tv-a-sat-pasma-kmitocty>

-
- [11] TOMAN, Jiří a Ivo PROCHÁZKA. Pozemní vysílání DVB-T: Technické základy. Ceskatelevize: Technika [online]. 2013 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/vse-o-ct/technika/digitalni-pozemni-vysilani-dvb-t/technicke-zaklady/>
- [12] ŘÍČNÝ, Václav. Druhá generace standardu digitální pozemní televize DVB-T2. Druhá generace standardu digitální pozemní televize DVB- T2. 2009, č. 1, s. 2. ISSN 1801- 4933. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/clanky/druha-generace-standardu-digitalni-pozemni/>
- [13] EN 300 744 V1.6.1. Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation digital terrestrial television. France: ETSI, 2009. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300700_300799/300744/01.06.01_60/en_300744v010601p.pdf
- [14] EN 302 755 V1.3.1. Digital Video Broadcasting (DVB): Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). France: ETSI, 2012. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302700_302799/302755/01.03.01_60/en_302755v010301p.pdf
- [15] EN 300 429 V1.2.1. Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for cable systems. Valbonne - France: ETSI, 1998. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300429/01.02.01_60/en_300429v010201p.pdf
- [16] EN 302 304 V1.1.1. Digital Video Broadcasting (DVB): Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H). France: ETSI, 2004. Dostupné z: <http://www.dvb-h.org/PDF/DVB-H%20Specification%20-%20En302304.V1.1.1.pdf>
- [17] DVB PROJECT OFFICE. Broadcasting to Handhelds Broadcasting to Handhelds Broadcasting to Handhelds: Digital Terrestrial Mobile TV. 2009, 2 s. Dostupné z: <http://www.dvb-h.org/PDF/dvb-h-fact-sheet.0409.pdf>

-
- [18] DVORSKÝ, Marek. Medziregionálna mobilná televízia v systéme DVB-H. Katedra telekomunikační techniky [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2010 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://kat440.vsb.cz/index.php?Itemid=11&catid=9%3Aobecné-informace&id=175%3Advbh&lang=cs&option=com_content&view=article
- [19] POTŮČEK, Jan. Digizone: Průvodce světem IPTV [online]. 2012 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/serialy/pruvodce-svetem-iptv/>
- [20] PRITCHARD, Wilbur L a Joseph A SCIULLI. Satellite communication systems engineering. 2.vyd. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, c1986, xvi, 399 s. ISBN 01-379-1245-5.
- [21] NELSON, Robert A. Cover Story: Rain Degradation: Its Implications For Satellite Communication. Satellitetoday [online]. 2003 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.satellitetoday.com/via/cover/33.html>
- [22] KASAL, Miroslav. Směrové a družicové spoje: přednášky. 2. vyd. Brno: VUT FEKT, 2003, 107 s. ISBN 80-214-2496-6.
- [23] ETR 154. Digital Video Broadcasting (DVB): Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications. 3. vyd. France: ETSI, 1997. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_etr/100_199/154/03_60/etr_154e03p.pdf
- [24] ETR 290. Digital Video Broadcasting (DVB): Measurement guidelines for DVB systems. France: ETSI, 1997. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_etr/200_299/290/01_60/etr_290e01p.pdf
- [25] EN 302 307 V1.3.1. Digital Video Broadcasting (DVB): Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2). France: ETSI, 2013. Dostupné z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/302307/01.03.01_60/en_302307v010301p.pdf
- [26] SEFRAM. 7866HD datasheet: State-of-Art Specifications for High Definition TV. Francie, 2012. Dostupné z: <http://www.trinstruments.cz/data/files/7866hd-907.pdf>

-
- [27] Dishpointer.com: Satellite Finder / Dish Alignment Calculator with Google Maps [online]. Anglie, 2012 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://www.dishpointer.com/>
- [28] WEISSTEIN, Eric. WOLFRAM RESEARCH, Inc. Wolfram MathWorld: The Web's Most Extensive Mathematics Resource [online]. Anglie, 1999, 8.4.2013 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://mathworld.wolfram.com/>
- [29] SCHWARZER, Jan. Vlhký vzduch a jeho úpravy. Praha: ČVUT, 2006,
- [30] BRIŠ, Radim a Martina LITSCHMANNOVÁ. Statistika I.: pro kombinované studenty [elektronická skripta]. VŠB-TU Ostrava, 2004.
- [31] BRIŠ, Radim a Martina LITSCHMANNOVÁ. Statistika II. [elektronická skripta]. VŠB-TU Ostrava, 2007.
- [32] LITSCHMANNOVÁ, Martina. Statistika 1: denní studium [online]. 2012 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://home1.vsb.cz/~lit40/SMAD/SMAD.html?butt2=Speci%E1lni+metody+anal%FDzy+dat>
- [33] TEW, Barry. DVB: Austria. DVB: Digital Video Broadcasting [online]. 2011, 6.1.2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/austria/
- [34] TEW, Barry. DVB: United Kingdom. DVB: Digital Video Broadcasting [online]. 2011 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/united_kingdom/
- [35] ITU-R P.618-10. Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems. Switzerland: ITU, 2009. Dostupné z: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.618-10-200910-I!!PDF-E.pdf
- [36] ITU-R P.838-3. Specific attenuation model for rain for use in prediction methods. Switzerland: ITU, 2005. Dostupné z: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.838-3-200503-I!!PDF-E.pdf
- [37] ITU-R P.839-1. Rain Height Model for Prediction Method. Switzerland: ITU, 2001. Dostupné z: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.839-1-199708-S!!PDF-E.pdf

-
- [38] The Moving Picture Experts Group website [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://mpeg.chiariglione.org/>
- [39] Statgraphics: Statistical Analysis and Data Visualization Software [online]. 2012 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.statgraphics.com/>
- [40] *Parabola: Informace o satelitech* [online]. 2009 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.parabola.cz/satelit/>
- [41] DVB PROJECT. *DVB Mobile TV: DVB-H* [online]. 2005 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.dvb-h.org/>
- [42] CORAB. Anteny Satelitarne: Datasheet. Olsztyn, Poland, 2012, 12 s. Dostupné z: http://corab.eu/fileadmin/user_upload/corab_eu/KATALOGI_PROD/CORAB_ANTENY_SATELITARNE.pdf
- [43] Inverto: IDLB-SINL40-ULTRA-OPP-. Inverto [online]. 2012 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.inverto.tv/products/product.php?id=57>
- [44] EMME ESSE. *Satellite antennas: Datasheet* [online]. 2011, 1 s. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: http://www.emmeesse.it/allegati/schede/cat_parabole.pdf
- [45] GI-201 Platinum X single: Datasheet. *Golden Star Poland: Just Everywhere* [online]. 2007 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.golden-interstar.pl/produkt.php?id=128>

Seznam příloh

Příloha.A:	Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a vertikální polarizaci.	I
Příloha.B:	Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a horizontální polarizaci.	ii
Příloha.C:	Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a vertikální polarizaci.	iii
Příloha.D:	Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a horizontální polarizaci.	iv
Příloha.E:	Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a vertikální polarizaci.	v
Příloha.F:	Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a horizontální polarizaci.	vi
Příloha.G:	Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a vertikální polarizaci.	vii
Příloha.H:	Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a horizontální polarizaci.	viii
Příloha.I:	Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 60 cm a vertikální polarizaci.....	ix
Příloha.J:	Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 60 cm a horizontální polarizaci.....	x
Příloha.K:	Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 100 cm a vertikální polarizaci.....	xi
Příloha.L:	Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 100 cm a horizontální polarizaci.....	xii
Příloha.M:	Závislost RF na teplotě.....	xiii
Příloha.N:	Závislost C/N na teplotě	xiv
Příloha.O:	Závislost BERi na teplotě.....	xv
Příloha.P:	Histogram vlhkosti	xvi

Příloha.Q: Závislost RF na vlhkosti	xvii
Příloha.R: Závislost C/N na vlhkosti	xviii
Příloha.S: Závislost BERi na vlhkosti	xix
Příloha.T: Závislost MER na vlhkosti	xx
Příloha.U: Histogram intenzity	xxi
Příloha.V: Graf z 12.2.2013	xxii
Příloha.W: Graf z 15.2.2013	xxiii
Příloha.X: Graf z 16.2.2013	xxiv
Příloha.Y: Graf z 19.2.2013	xxv
Příloha.Z: Graf z 20.2.2013	xxvi
Příloha.AA: Graf z 21.2.2013	xxvii
Příloha.BB: Graf z 22.2.2013	xxviii
Příloha.CC: Graf z 26.2.2013	xxix
Příloha.DD: Graf z 27.2.2013	xxx
Příloha.EE: Konstelační diagram QPSK těsně před rozpadem spojení.	xxxi
Příloha.FF: Tabulka pásem pro satelitní televizní vysílání.....	xxxii
Příloha.GG: Graf teploty a MER proložený křivkou	xxxiv
Příloha.HH: Graf závislosti RF na teplotě proložený křivkou.....	xxxv
Příloha.II: Graf závislosti C/N na teplotě proložený křivkou	xxxvi
Příloha.JJ: Graf závislosti BERi na teplotě proložený křivkou	xxxvii
Příloha.KK: Tabulka TV pásem	xxxviii
Příloha.LL: Parametry analyzátoru DVB.....	xxxix
Příloha.MM: Ukázka z prostředí Statgraphics	xl
Příloha.NN: Ukázka z prostředí Statgraphics	xli

Součástí DP je CD.

Adresářová struktura přiloženého CD:

`/data` – adresáře s daty

`/data/csv` – soubory logovaných hodnot z dlouhodobého měření

`/data/chmu` – data zakoupená od ČHMÚ

`/data/vliv_pocasi` – zpracovaná data vlivu počasí na kvalitu příjmu

`/data/vliv_vychyleni` – zpracovaná data vlivu vychýlení na kvalitu příjmu

`/foto` – fotky měřicího stanoviště

Příloha.A: Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a vertikální polarizaci.

Horizontální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-12,89	73,2	13,2	1,00E+00	0	1,00E+00
-10,22	74,9	14,5	1,00E+00	0	1,00E+00
-8,16	76,8	15,9	1,00E+00	0	1,00E+00
-4,22	77,7	16,1	1,00E+00	0	1,00E+00
-2,69	80	17,4	3,60E-02	5,2	3,20E-04
-2,41	80,3	17,6	3,40E-02	6,1	6,70E-06
-2,25	80,5	17,8	3,10E-02	7,4	<5E-9
-2,04	80,6	18	2,90E-02	8,1	<5E-9
-1,82	80,7	18,3	8,20E-03	9,6	<5E-9
-1,57	80,9	18,4	3,60E-03	10,2	<5E-9
-1,36	81,2	18,8	1,80E-03	10,9	<5E-9
-1,21	81,3	18,9	3,40E-04	11,3	<5E-9
-0,99	81,4	19,1	8,30E-05	12,4	<5E-9
-0,84	81,5	19,3	3,20E-05	13,3	<5E-9
-0,65	81,5	19,4	2,60E-05	13,4	<5E-9
-0,38	81,6	19,5	2,40E-05	13,5	<5E-9
-0,21	81,7	19,7	1,50E-05	13,7	<5E-9
0	81,8	19,8	1,00E-05	13,9	<5E-9
0,22	81,6	19,6	1,80E-05	13,7	<5E-9
0,43	81,5	19,5	2,20E-05	13,6	<5E-9
0,59	81,3	19,2	3,60E-05	13,4	<5E-9
0,81	80,9	19	1,20E-04	12,6	<5E-9
1,06	80,5	18,9	4,90E-04	11,5	<5E-9
1,27	80,3	18,6	6,10E-04	11,2	<5E-9
1,45	80,1	18,4	7,50E-04	11	<5E-9
1,68	80	18,2	1,20E-03	10,6	<5E-9
1,79	79,9	17,8	2,30E-03	10,1	<5E-9
2,03	79,8	17,5	3,60E-03	9,5	<5E-9
2,28	79,2	17,3	8,40E-03	8,8	<5E-9
2,54	78,4	16,5	1,70E-02	7,7	<5E-9
2,74	77	15,4	5,60E-02	4,6	7,80E-03
3,26	75,4	14,6	1,00E+00	0	1,00E+00
5,42	74,1	13,1	1,00E+00	0	1,00E+00
8,91	72,8	12,2	1,00E+00	0	1,00E+00
10,12	70,8	10,4	1,00E+00	0	1,00E+00
12,87	70,2	10,6	1,00E+00	0	1,00E+00

Příloha.B: Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a horizontální polarizaci.

Horizontální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-4,89	78,9	10,3	1,0E+00	0	1
-3,71	79,8	11,2	1,0E+00	0	1
-2,12	80,3	12,7	6,5E-02	3,8	3,60E-03
-1,55	80,4	13	5,1E-02	4,8	1,20E-04
-1,41	80,5	13,2	8,6E-03	6,1	7,30E-07
-1,27	80,6	13,5	3,3E-03	8,8	<5E-9
-1,13	80,8	13,6	2,6E-03	10,1	<5E-9
-0,98	81	14,2	1,5E-03	10,6	<5E-9
-0,84	81,3	14,5	1,0E-03	11,1	<5E-9
-0,70	81,3	14,7	8,8E-04	11,2	<5E-9
-0,56	81,5	15,1	5,7E-04	11,5	<5E-9
-0,42	81,6	15,4	3,4E-04	11,6	<5E-9
-0,28	81,7	15,7	2,2E-04	11,8	<5E-9
-0,14	81,7	15,9	1,3E-04	12,1	<5E-9
0,00	81,7	16	8,2E-05	12,6	<5E-9
0,21	81,6	15,8	1,7E-04	12,4	<5E-9
0,32	81,6	15,6	2,6E-04	12,1	<5E-9
0,40	81,5	15,1	3,8E-04	11,9	<5E-9
0,51	81,3	14,8	7,6E-04	11,5	<5E-9
0,82	81,3	14,5	9,6E-04	11,3	<5E-9
1,01	81,3	14,4	1,1E-03	10,7	<5E-9
1,19	80,9	13,6	3,2E-03	9,8	<5E-9
1,36	80,7	13,2	8,2E-03	8,7	<5E-9
1,41	80,6	13	1,9E-02	6,9	<5E-9
1,54	80,5	12,9	3,6E-02	5,9	4,60E-06
2,16	80,1	12,4	4,1E-02	4,4	1,80E-03
3,89	79,3	11,8	1,0E+00	0	1
4,98	78,1	11	1,0E+00	0	1

Příloha.C: Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a vertikální polarizaci.

Horizontální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-4,22	80,4	14,8	1,0E+00	0	1,00E+00
-3,72	81,6	15,3	1,0E+00	0	1,00E+00
-3,10	82,1	16,1	6,8E-02	4,2	6,80E-03
-2,85	82,6	16,3	1,8E-02	6,8	2,40E-05
-2,58	82,9	16,5	5,4E-03	9,3	5,00E-09
-2,36	83,2	16,9	2,3E-03	10,5	5,00E-09
-2,08	83,5	17	8,9E-04	10,8	5,00E-09
-1,85	83,7	17,4	6,3E-04	11,6	5,00E-09
-1,61	84	17,9	5,1E-04	11,9	5,00E-09
-1,41	84,3	18,1	3,8E-04	12,2	5,00E-09
-1,19	84,6	18,3	2,3E-04	12,4	5,00E-09
-0,72	84,7	18,6	1,1E-04	12,8	5,00E-09
-0,48	84,8	18,9	7,7E-05	13,1	5,00E-09
-0,29	84,8	18,9	3,9E-05	13,3	5,00E-09
0	84,9	19	2,9E-05	13,4	5,00E-09
0,26	84,9	18,9	4,4E-05	13,2	5,00E-09
0,58	84,7	18,8	6,0E-05	12,9	5,00E-09
0,82	84,5	18,5	8,2E-05	12,6	5,00E-09
1,23	84,4	18,4	1,3E-04	12,1	5,00E-09
1,38	84,3	18,3	2,7E-04	11,7	5,00E-09
1,56	84,1	18,1	3,1E-04	11,5	5,00E-09
1,81	83,9	17,8	4,1E-04	11,3	5,00E-09
2,05	83,7	17,6	6,7E-04	10,8	5,00E-09
2,46	83,3	17,1	1,2E-03	10,4	5,00E-09
2,53	82,9	16,8	3,6E-03	8,3	5,00E-09
2,81	82,5	16,5	1,2E-02	7,9	5,00E-09
3,15	81,8	15,5	3,9E-02	5,4	6,70E-04
3,7	81,1	15,1	1,0E+00	0	1,00E+00
4,27	80,6	14,5	1,0E+00	0	1,00E+00

Příloha.D: Vliv horizontálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a horizontální polarizaci.

Horizontální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-4,22	80,8	9,1	1,0E+00	0	1,0E+00
-3,72	81,2	10,3	1,0E+00	0	1,0E+00
-3,10	81,7	10,8	1,0E+00	0	1,0E+00
-2,85	82,6	11,2	1,0E+00	0	1,0E+00
-2,58	82,7	11,9	6,1E-02	3,6	3,6E-03
-2,36	83	12,6	3,8E-02	4,9	4,4E-05
-2,08	83,3	12,7	7,6E-03	6,2	5,6E-07
-1,85	83,7	13	6,3E-03	8,4	<5E-9
-1,61	83,9	13,6	4,5E-03	9,7	<5E-9
-1,41	84,2	13,8	2,8E-03	10,5	<5E-9
-1,19	84,4	14,4	1,5E-03	11,1	<5E-9
-0,72	84,6	14,9	1,0E-03	11,6	<5E-9
-0,48	84,7	15,2	8,8E-04	11,9	<5E-9
-0,29	84,8	15,7	6,3E-04	12,3	<5E-9
0	85	16,1	3,3E-04	12,5	<5E-9
0,26	84,7	15,8	7,1E-04	12	<5E-9
0,58	84,6	15,2	8,3E-04	11,8	<5E-9
0,82	84,5	14,7	1,3E-03	11,5	<5E-9
1,23	84,4	14,3	2,8E-03	10,9	<5E-9
1,38	84,4	13,6	3,6E-03	10,1	<5E-9
1,56	84,3	13,2	4,7E-03	8,7	<5E-9
1,81	84	12,8	7,6E-03	6,3	6,8E-08
2,05	83,7	12,4	2,1E-02	5,1	1,7E-05
2,46	83,4	12,1	5,8E-02	4,5	3,6E-04
2,53	82,8	11,6	1,0E+00	0	1,0E+00
2,81	82,6	11,2	1,0E+00	0	1,0E+00
3,15	82,2	10,7	1,0E+00	0	1,0E+00
3,7	81,6	10,1	1,0E+00	0	1,0E+00
4,27	80,5	8,6	1,0E+00	0	1,0E+00

Příloha.E: Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a vertikální polarizaci.

Vertikální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-10,74	63,9	4,1	1,00E+00	0	1,00E+00
-5,24	65,3	6,3	1,00E+00	0	1,00E+00
-3,31	70,8	9,5	3,80E-02	5,4	3,40E-03
-3,11	71,3	10,6	9,30E-03	6,7	8,10E-06
-2,89	72,1	11,4	8,00E-03	7,7	<5E-9
-2,68	72,8	12,3	4,53E-03	8,7	<5E-9
-2,41	73,6	13,3	1,10E-03	9,9	<5E-9
-2,23	74,1	14,8	1,80E-03	10,6	<5E-9
-2,08	75,3	15,3	6,10E-04	11	<5E-9
-1,81	77,9	15,4	4,10E-04	11,3	<5E-9
-1,62	78,2	16,9	2,10E-04	11,4	<5E-9
-1,41	79,7	17,8	1,40E-04	11,6	<5E-9
-1,18	79,9	17,9	1,70E-04	11,8	<5E-9
-0,97	80,8	18,8	5,10E-05	12,2	<5E-9
-0,74	81	19,2	3,98E-05	12,8	<5E-9
-0,57	81,3	19,6	3,40E-05	13	<5E-9
-0,39	81,5	19,7	2,40E-05	13,4	<5E-9
-0,18	81,6	19,8	2,30E-05	13,5	<5E-9
0	81,8	19,9	1,60E-05	13,6	<5E-9
0,21	81,6	19,7	2,10E-05	13,6	<5E-9
0,38	81,5	19,6	2,80E-05	13,4	<5E-9
0,62	81,2	19,3	3,30E-05	13,1	<5E-9
0,84	80,9	19	3,80E-05	13	<5E-9
1,06	80,7	18,5	5,40E-05	12,9	<5E-9
1,23	79,9	17,7	1,60E-04	12,4	<5E-9
1,47	79,5	17,2	1,90E-04	12,2	<5E-9
1,68	78,8	16,6	2,60E-04	11,7	<5E-9
1,82	78,3	15,9	5,10E-04	11,4	<5E-9
2,04	77,2	15,1	7,10E-04	11,2	<5E-9
2,26	76,3	14,6	1,60E-03	10,4	<5E-9
2,41	75,1	13,4	3,30E-03	9,7	<5E-9
2,69	73,6	12,5	8,80E-03	8,4	<5E-9
2,81	72,8	11,1	9,30E-03	7,1	<5E-9
3,06	71,6	10,4	1,20E-03	6,6	6,50E-06
3,28	70,5	9,8	2,80E-02	5,9	2,40E-03
5,48	67,7	7,2	1,00E+00	0	1,00E+00

Příloha.F: Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 60 cm a horizontální polarizaci.

Vertikální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-4,25	68,2	5,3	1,0E+00	0	1
-3,65	70,8	6,9	1,0E+00	0	1
-2,63	73,1	10,2	6,8E-02	5,3	4,10E-04
-2,55	73,6	10,5	3,9E-02	5,6	2,60E-04
-2,46	74,6	10,6	2,4E-02	6,1	8,70E-08
-2,33	75,1	10,8	1,2E-02	6,5	<5E-9
-2,16	77,1	12,1	6,5E-03	7,3	<5E-9
-1,86	78	12,8	1,6E-03	9,4	<5E-9
-1,46	78,6	14,1	8,4E-04	10,7	<5E-9
-1,3	79,9	14,5	5,5E-04	11,2	<5E-9
-1,02	80,5	14,8	3,9E-04	11,6	<5E-9
-0,88	81,2	15,1	2,4E-04	11,8	<5E-9
-0,44	81,8	15,5	1,2E-04	12,1	<5E-9
-0,11	81,8	15,8	1,0E-04	12,5	<5E-9
0,00	81,8	16	8,1E-05	12,8	<5E-9
0,21	81,7	15,8	1,5E-04	12,3	<5E-9
0,52	81,6	15,7	1,7E-04	12	<5E-9
0,78	81,4	15,4	2,3E-04	11,7	<5E-9
0,98	80,9	15	4,6E-04	11,5	<5E-9
1,21	80,1	14,6	7,1E-04	11,3	<5E-9
1,42	78,6	14	1,2E-03	10,9	<5E-9
1,73	78,2	13,6	1,7E-03	10,1	<5E-9
2,12	77,3	12,1	4,4E-03	8,9	<5E-9
2,46	75,9	11,4	8,1E-03	7,4	<5E-9
2,58	74,8	10,6	1,8E-02	5,1	5,80E-04
2,73	73,1	10,4	6,6E-02	4,5	4,60E-03
3,55	70,9	7,7	1,0E+00	0	1
4,61	68,8	6,9	1,0E+00	0	1

Příloha.G: Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a vertikální polarizaci.

Vertikální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-8,29	71,6	8,4	1,0E+00	0	1,00E+00
-7,52	73,2	9,6	1,0E+00	0	1,00E+00
-6,52	74,1	11,1	6,3E-02	4,1	4,10E-03
-5,98	75,8	12,8	1,1E-02	6,4	6,80E-05
-4,51	77,4	13,7	4,4E-03	8,3	<5E-9
-3,87	79,4	14,1	2,9E-03	9,2	<5E-9
-3,26	80,3	14,8	1,0E-03	10,1	<5E-9
-2,85	80,8	15,3	6,1E-04	10,6	<5E-9
-2,11	81,6	15,9	4,3E-04	11,4	<5E-9
-1,58	83,2	16,5	2,4E-04	11,9	<5E-9
-1,22	83,6	16,9	8,1E-05	12,8	<5E-9
-0,99	84,1	17,8	3,2E-05	13,1	<5E-9
-0,68	84,3	18,3	2,7E-05	13,5	<5E-9
-0,36	84,5	18,8	1,4E-05	13,7	<5E-9
0,00	84,7	19,1	1,5E-05	13,8	<5E-9
0,27	84,2	18,6	1,9E-05	13,6	<5E-9
0,48	83,7	18,1	2,3E-05	13,5	<5E-9
0,83	83,3	17,4	4,7E-05	12,8	<5E-9
1,24	82,4	16,7	2,3E-04	12	<5E-9
1,44	81,9	16,1	4,7E-04	11,7	<5E-9
1,98	81,1	15,2	7,6E-04	11,2	<5E-9
2,73	80,3	15,1	1,6E-03	10,9	<5E-9
3,12	79,8	14,2	3,5E-03	10,3	<5E-9
3,58	79,1	13,6	6,6E-03	9,9	<5E-9
4,65	78,4	12,8	8,4E-03	9,1	<5E-9
5,42	77,5	11,9	9,7E-03	8,2	<5E-9
6,01	74,6	9,8	4,4E-02	5,1	3,90E-04
7,25	72,6	6,4	1,0E+00	0	1,00E+00
8,30	70,6	5,8	1,0E+00	0	1,00E+00

Příloha.H: Vliv vertikálního vychýlení na kvalitativní parametry pro parabolu o průměru 100 cm a horizontální polarizaci.

Vertikální vychýlení					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-8,29	72,3	6,3	1,0E+00	0	1,00E+00
-7,52	72,8	7,2	1,0E+00	0	1,00E+00
-6,52	74,8	8,6	1,0E+00	0	1,00E+00
-5,98	76,7	9,7	8,80E-02	4,4	4,30E-04
-4,51	77,4	10,5	8,10E-02	6,3	8,10E-05
-3,87	79,6	11,8	1,71E-02	7,7	<5E-9
-3,26	80,4	12,7	8,30E-02	9,6	<5E-9
-2,85	80,8	13,2	4,70E-03	10,1	<5E-9
-2,11	82,0	13,8	3,01E-03	10,4	<5E-9
-1,58	83,1	14	2,88E-03	11	<5E-9
-1,22	83,3	14,5	1,94E-03	11,5	<5E-9
-0,99	83,6	14,9	5,76E-04	11,8	<5E-9
-0,68	83,9	15,2	4,90E-04	12,1	<5E-9
-0,36	84,7	15,6	4,05E-04	12,4	<5E-9
0,00	85,1	15,9	1,35E-04	12,8	<5E-9
0,27	84,6	15,7	4,05E-04	12,6	<5E-9
0,48	83,9	15,4	6,10E-04	12,2	<5E-9
0,83	83,4	14,8	8,30E-04	11,9	<5E-9
1,24	82,7	14,4	1,35E-03	11,6	<5E-9
1,44	81,8	14,2	4,41E-03	11,2	<5E-9
1,98	80,4	13,6	5,18E-03	10,7	<5E-9
2,73	80,3	13,1	7,78E-03	10,3	<5E-9
3,12	80,2	12,6	1,51E-02	9,4	<5E-9
3,58	79,1	11,7	2,30E-02	8,4	<5E-9
4,65	78,4	11,2	6,50E-02	7,1	<5E-9
5,42	77,1	10,6	8,54E-02	5,8	6,30E-04
6,01	73,9	9,6	1,0E+00	0	1,00E+00
7,25	73,4	6,5	1,0E+00	0	1,00E+00
8,30	70,5	5,1	1,0E+00	0	1,00E+00

Příloha.I: Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 60 cm a vertikální polarizaci

Vychýlení LNB					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-31,83	81,7	19,7	1,00E+00	0	1,00E+00
-28,65	81,9	19,5	8,90E-02	4,8	6,50E-03
-25,46	81,6	19,6	3,60E-02	5,3	4,30E-04
-22,28	81,8	19,2	1,70E-02	6,5	5,50E-06
-19,10	81,9	19,4	8,20E-03	7,4	<5E-9
-15,92	81,9	19,5	2,20E-03	9,7	<5E-9
-12,73	81,9	19,7	9,70E-04	10,6	<5E-9
-9,55	81,9	19,6	4,60E-04	11,1	<5E-9
-6,37	81,6	19,5	1,00E-04	12,1	<5E-9
-3,18	81,9	19,6	8,40E-05	12,6	<5E-9
0,00	81,9	19,6	1,60E-05	12,9	<5E-9
3,18	81,9	19,2	9,70E-05	12,7	<5E-9
6,37	81,8	19,5	1,40E-04	12,2	<5E-9
9,55	81,9	19,4	4,80E-04	11,6	<5E-9
12,73	82	19,6	1,00E-03	10,9	<5E-9
15,92	82	19,2	3,40E-03	9,4	<5E-9
19,10	81,9	19,7	1,10E-02	8,1	<5E-9
22,28	81,8	19,3	2,20E-02	6,7	7,10E-07
25,46	81,8	19,5	4,10E-02	5,1	3,20E-04
28,65	81,8	19,6	7,40E-02	3,2	8,20E-03
31,83	81,7	19,5	1,00E+00	0	1,00E+00

Příloha.J: Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 60 cm a horizontální polarizaci.

Vychýlení LNB					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-38,20	81,6	15,8	1,0E+00	0	1
-35,01	81,6	15,9	6,1E-02	5,1	5,20E-03
-31,83	81,8	16	1,6E-02	6,3	7,70E-06
-28,65	81,7	16	9,3E-03	7,6	<5E-9
-25,46	81,7	16	4,3E-03	8,2	<5E-9
-22,28	81,7	15,7	1,8E-03	9,8	<5E-9
-19,10	81,8	15,8	8,7E-04	10,7	<5E-9
-15,92	81,9	16	4,7E-04	11,1	<5E-9
-12,73	81,7	15,8	3,6E-04	11,5	<5E-9
-9,55	81,9	16,1	2,3E-04	11,8	<5E-9
-6,37	81,8	16	1,1E-04	12	<5E-9
-3,18	81,6	15,8	8,6E-05	12,2	<5E-9
0,00	81,7	15,8	7,3E-05	12,4	<5E-9
3,18	81,6	16	1,0E-04	12,3	<5E-9
6,37	81,6	16	1,8E-04	12,1	<5E-9
9,55	81,8	15,7	3,1E-04	11,7	<5E-9
12,73	81,7	15,7	5,6E-04	11,4	<5E-9
15,92	81,9	15,9	8,3E-04	11,3	<5E-9
19,10	81,6	15,8	1,6E-03	10,6	<5E-9
22,28	81,8	15,9	3,3E-03	10,1	<5E-9
25,46	81,8	15,8	8,1E-03	8,7	<5E-9
28,65	81,7	15,9	2,2E-02	7,6	<5E-9
31,83	81,7	15,9	3,3E-02	6,1	6,20E-06
35,01	81,9	15,6	7,1E-02	4,7	3,60E-03
38,20	81,9	15,9	1,0E+00	0	1

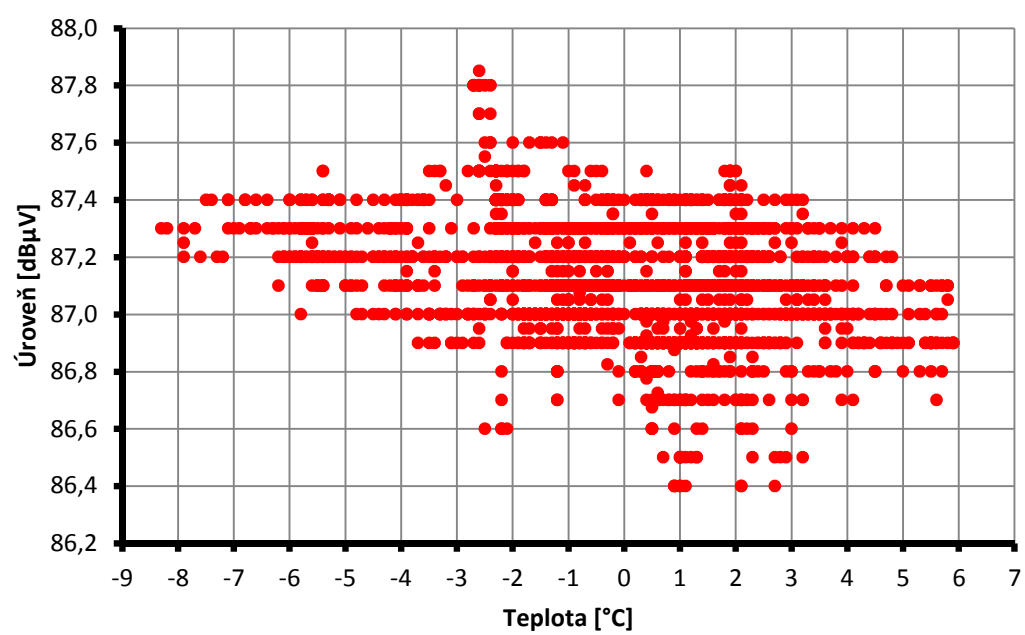
Příloha.K: Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 100 cm a vertikální polarizaci.

Vychýlení LNB					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-37,24	84,7	18,7	1,00E+00	0	1,00E+00
-34,38	84,8	18,8	1,00E+00	0	1,00E+00
-31,51	84,7	18,8	1,00E+00	0	1,00E+00
-28,65	84,9	19	6,80E-02	4,8	4,10E-04
-25,78	84,7	18,8	2,30E-02	7,2	<5E-9
-22,92	84,9	18,7	8,90E-03	8,4	<5E-9
-20,05	84,9	18,9	4,80E-03	9,6	<5E-9
-17,19	84,8	19	1,00E-03	10,7	<5E-9
-14,32	84,7	18,8	4,60E-04	11	<5E-9
-11,46	84,9	19	2,10E-04	11,8	<5E-9
-8,59	84,9	18,9	9,70E-05	12,3	<5E-9
-5,73	84,9	19	8,10E-05	12,8	<5E-9
-2,86	84,7	18,8	4,30E-05	13,2	<5E-9
0,00	84,9	18,9	2,90E-05	13,5	<5E-9
2,86	84,8	18,8	5,20E-05	13,1	<5E-9
5,73	84,7	18,7	6,20E-05	12,9	<5E-9
8,59	84,9	19	9,10E-05	12,8	<5E-9
11,46	84,7	18,8	1,10E-04	12,7	<5E-9
14,32	84,8	18,7	3,50E-04	11,9	<5E-9
17,19	84,9	18,7	5,80E-04	11,1	<5E-9
20,05	84,9	19	9,80E-04	10,3	<5E-9
22,92	84,8	18,7	1,20E-02	8	<5E-9
25,78	84,9	19	2,60E-02	6,3	3,10E-05
28,65	84,7	18,9	3,70E-02	5,2	8,20E-03
31,51	84,8	19	1,00E+00	0	1,00E+00
34,38	84,9	18,9	1,00E+00	0	1,00E+00
37,24	84,9	18,7	1	0	1,00E+00

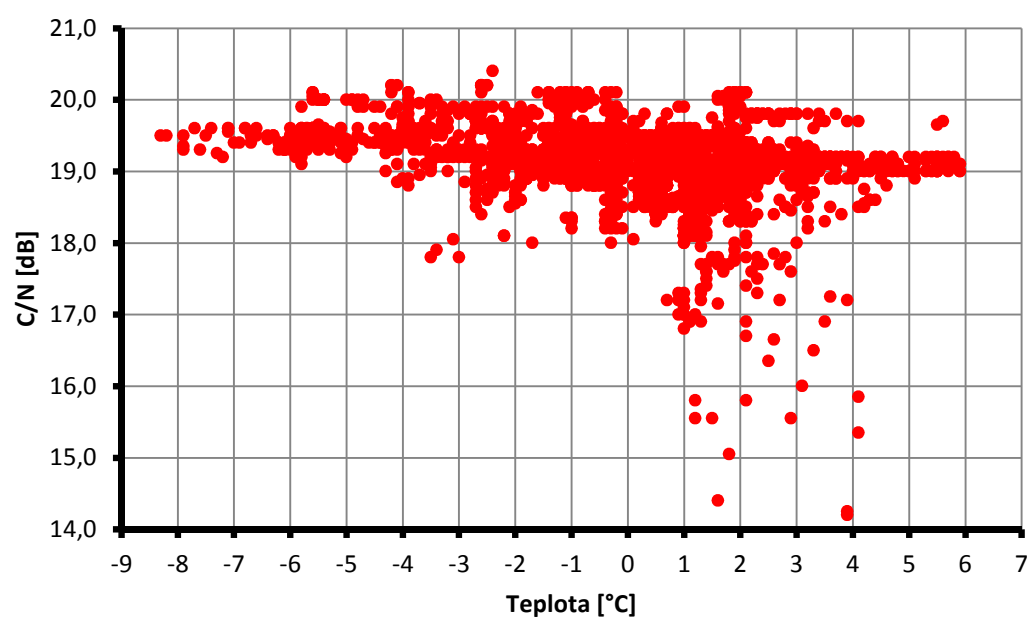
Příloha.L: Vliv vychýlení konvertoru na kvalitativní parametry příjmu pro parabolu o průměru 100 cm a horizontální polarizaci.

Vychýlení LNB					
Stupně	RF [dBμV]	C/N [dB]	BERi [-]	MER [dB]	BERo [-]
-37,24	84,6	16	1,00E+00	0	1,00E+00
-34,38	84,8	15,7	5,28E-02	4,5	6,20E-03
-31,51	84,7	15,9	2,43E-02	6,8	7,50E-05
-28,65	85	16	8,30E-03	7,7	<5E-9
-25,78	84,6	15,8	6,83E-03	8,2	<5E-9
-22,92	85	15,8	3,76E-03	9,7	<5E-9
-20,05	84,7	15,9	2,88E-03	10,2	<5E-9
-17,19	84,6	15,9	1,94E-03	10,7	<5E-9
-14,32	84,9	15,9	1,81E-03	11	<5E-9
-11,46	84,7	16,1	5,76E-04	11,3	<5E-9
-8,59	84,7	15,7	4,90E-04	11,7	<5E-9
-5,73	84,8	15,9	1,22E-04	12,1	<5E-9
-2,86	84,6	15,8	8,10E-05	12,3	<5E-9
0,00	85	16,1	4,05E-05	12,6	<5E-9
2,86	84,8	15,9	8,70E-05	12,4	<5E-9
5,73	84,7	15,7	1,83E-04	12	<5E-9
8,59	84,6	16	4,05E-04	11,7	<5E-9
11,46	84,8	15,8	6,64E-04	11,6	<5E-9
14,32	84,6	15,7	1,56E-03	11,2	<5E-9
17,19	84,8	15,8	2,65E-03	10,8	<5E-9
20,05	84,7	15,7	4,67E-03	10,5	<5E-9
22,92	84,7	15,9	1,35E-02	9,7	<5E-9
25,78	85	15,9	1,84E-02	8,6	<5E-9
28,65	84,8	15,9	4,27E-02	6,4	8,80E-05
31,51	84,7	15,9	5,85E-02	4,6	3,60E-03
34,38	84,6	16	1,00E+00	0	1,00E+00
37,24	85	15,9	1	0	1,00E+00

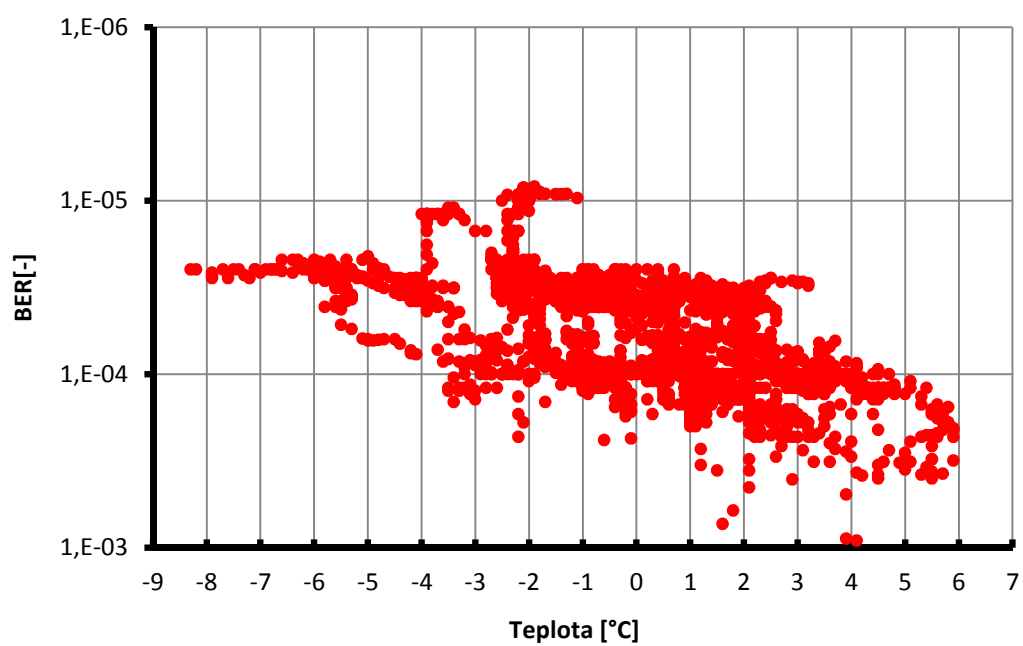
Příloha.M: Závislost RF na teplotě

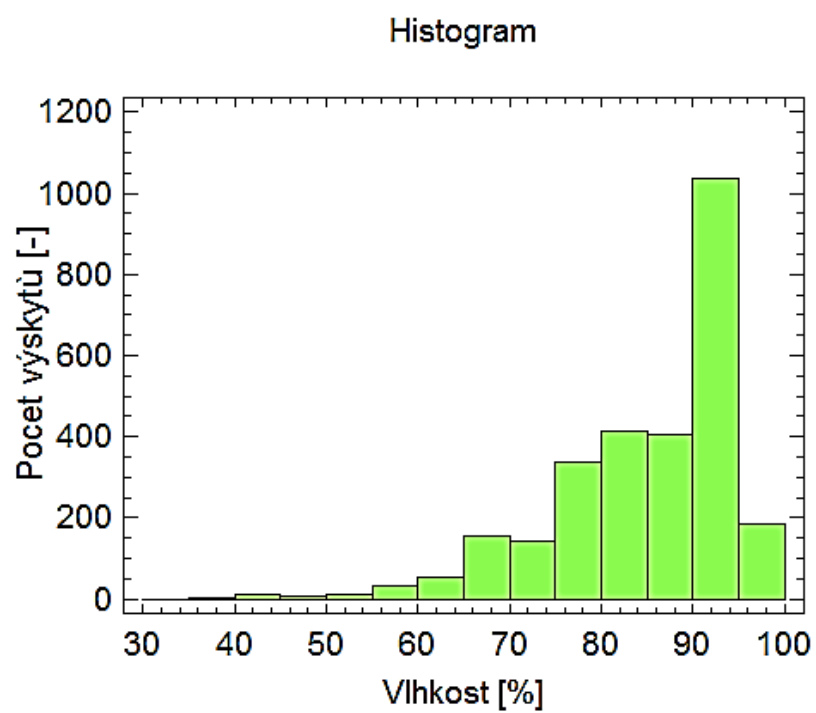


Příloha.N: Závislost C/N na teplotě

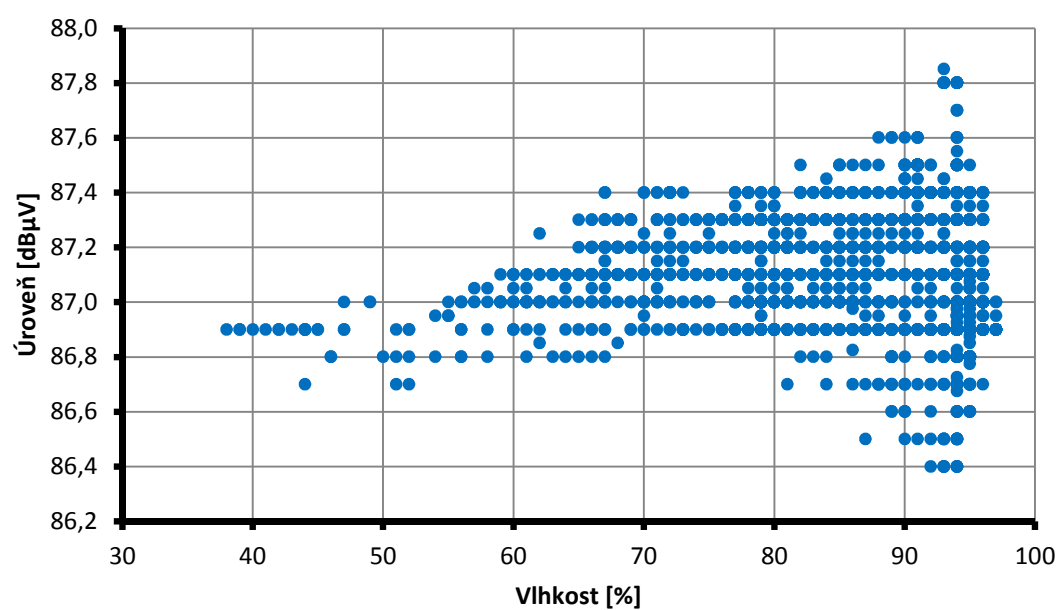


Příloha.O: Závislost BERi na teplotě

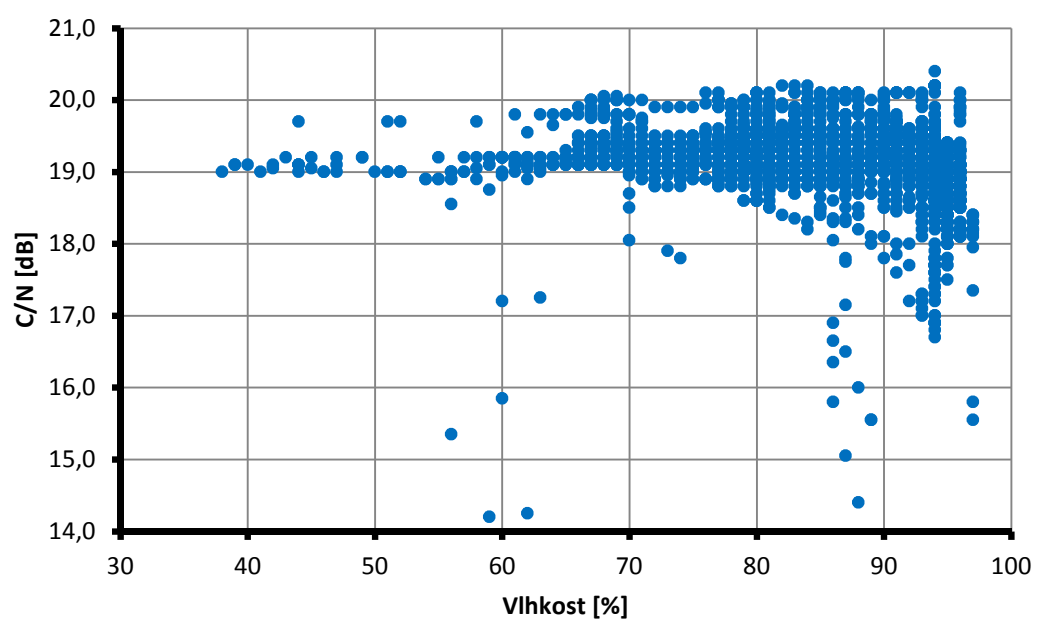




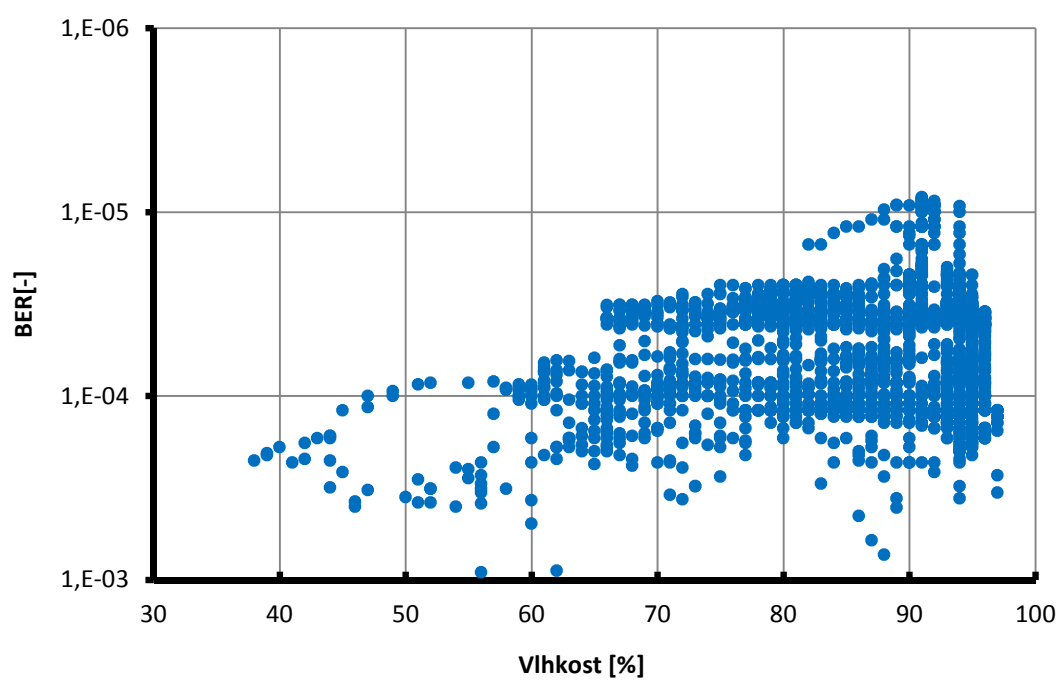
Příloha.Q: Závislost RF na vlhkosti



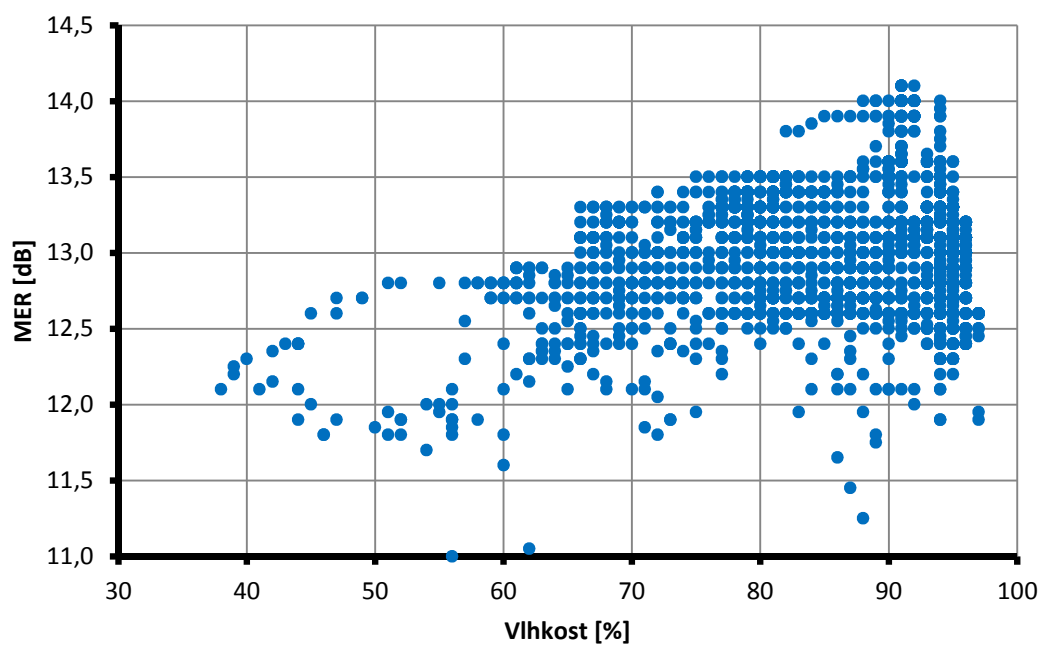
Příloha.R: Závislost C/N na vlhkosti



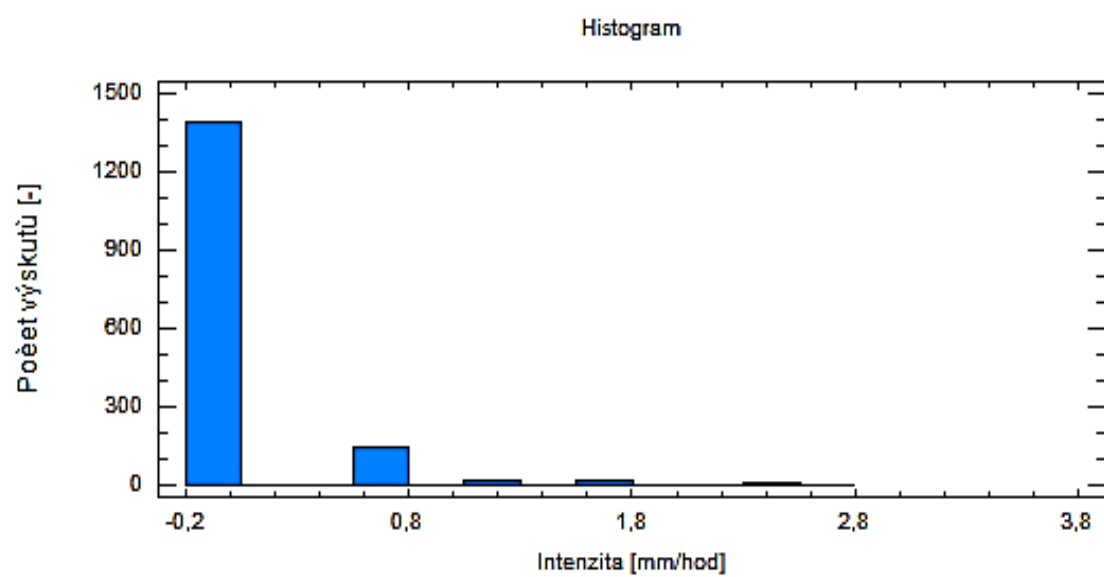
Příloha.S: Závislost BERi na vlhkosti



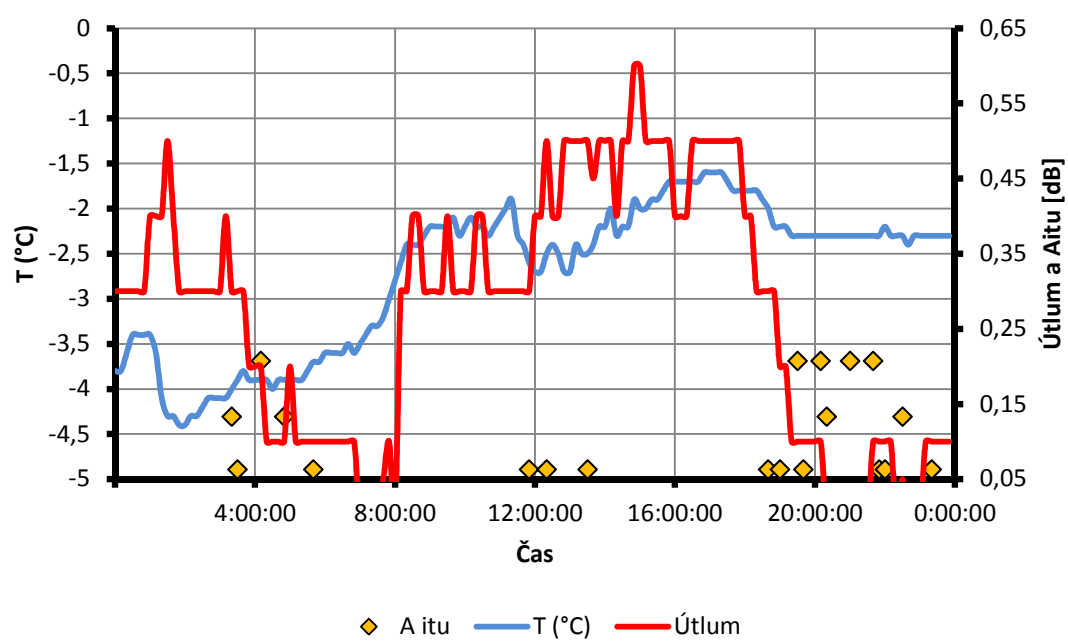
Příloha.T: Závislost MER na vlhkosti



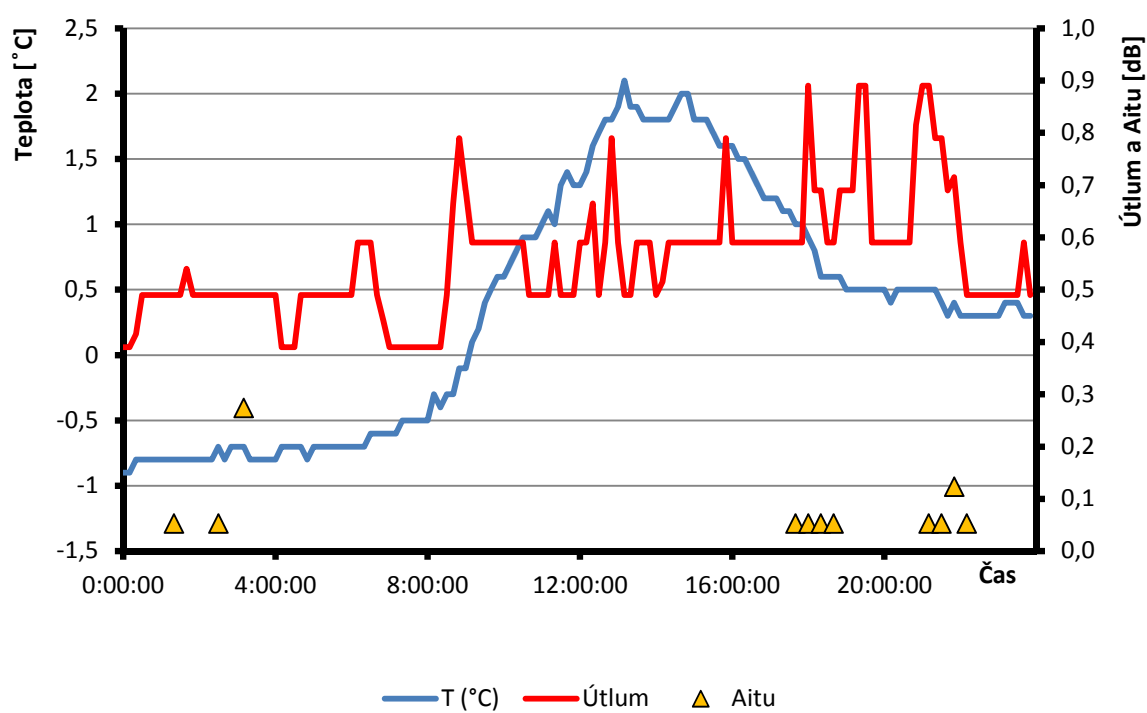
Příloha.U: Histogram intenzity



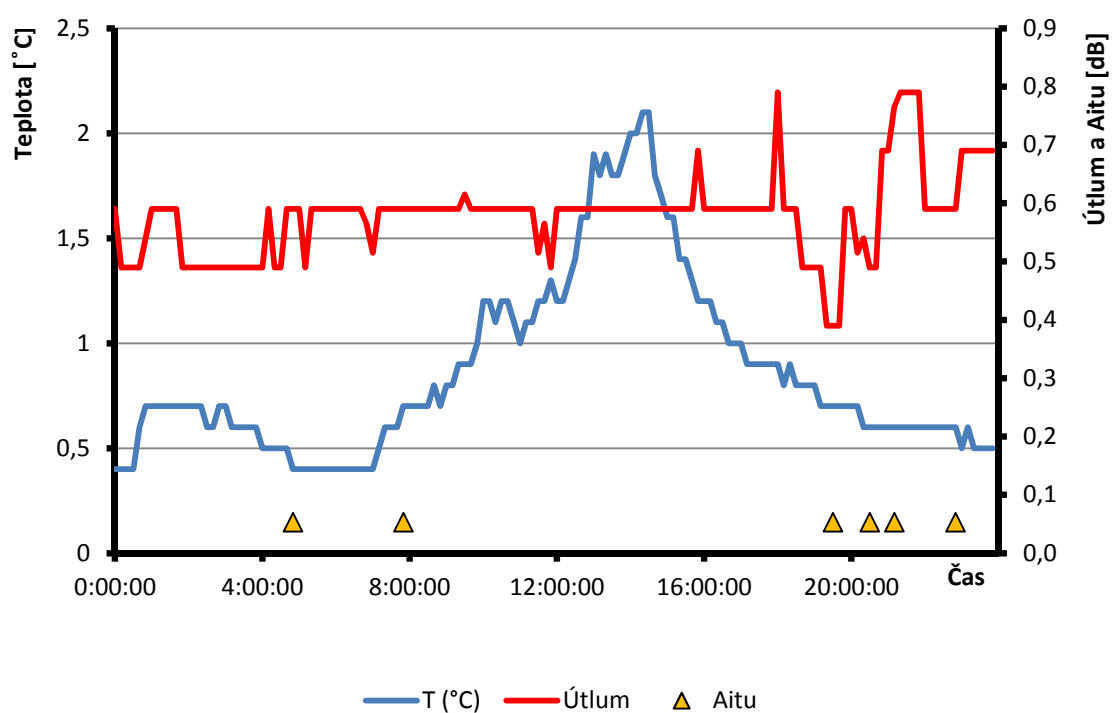
Příloha.V: Graf z 12.2.2013



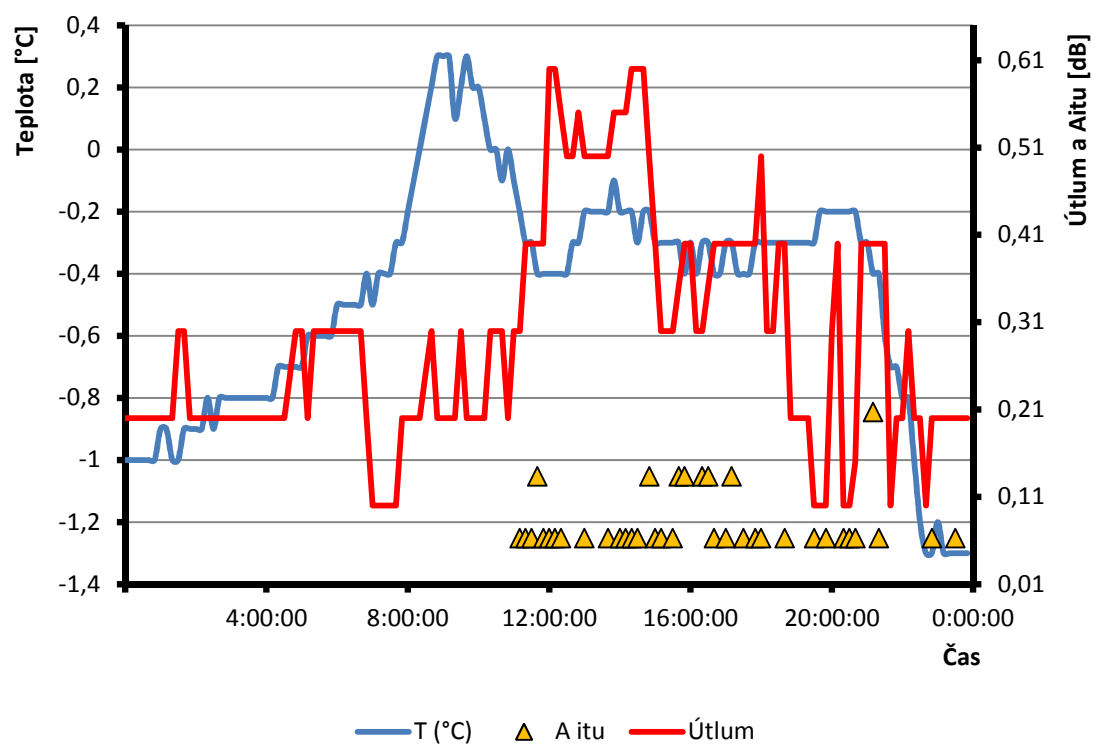
Příloha.W: Graf z 15.2.2013



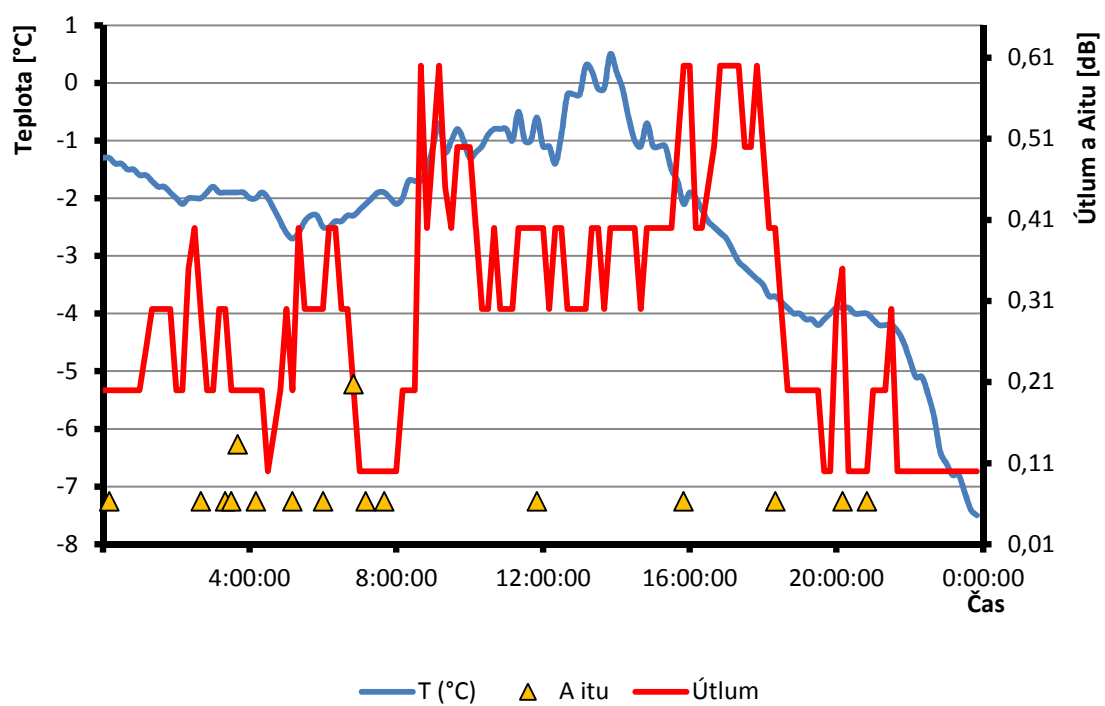
Příloha.X: Graf z 16.2.2013



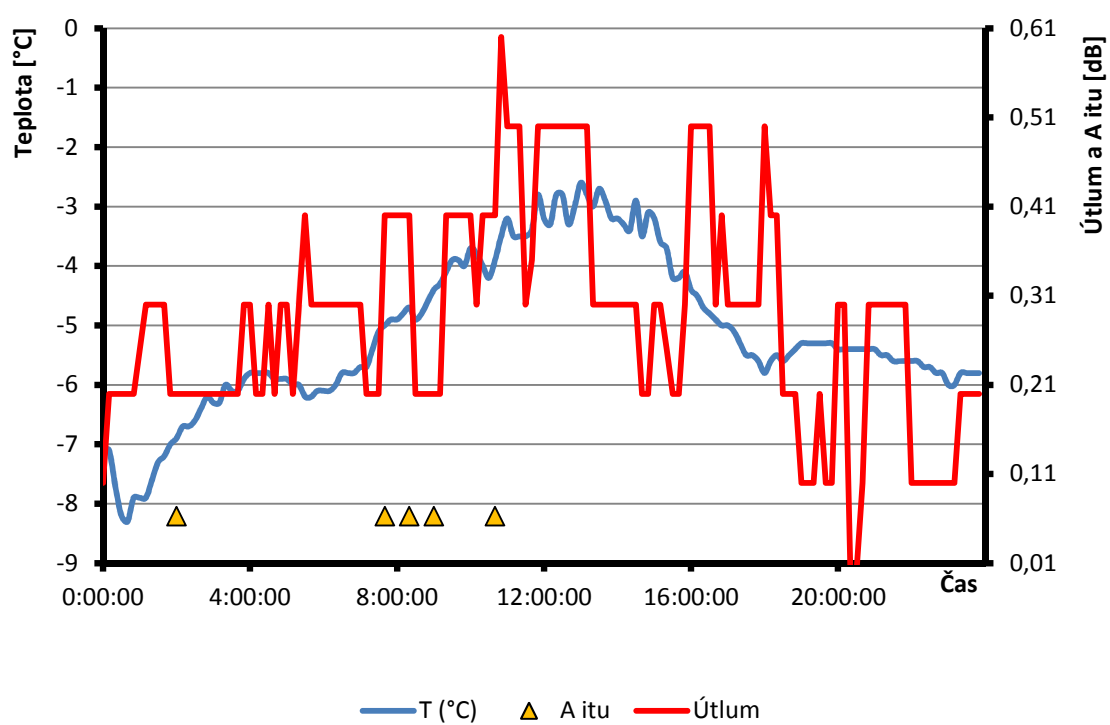
Příloha.Y: Graf z 19.2.2013



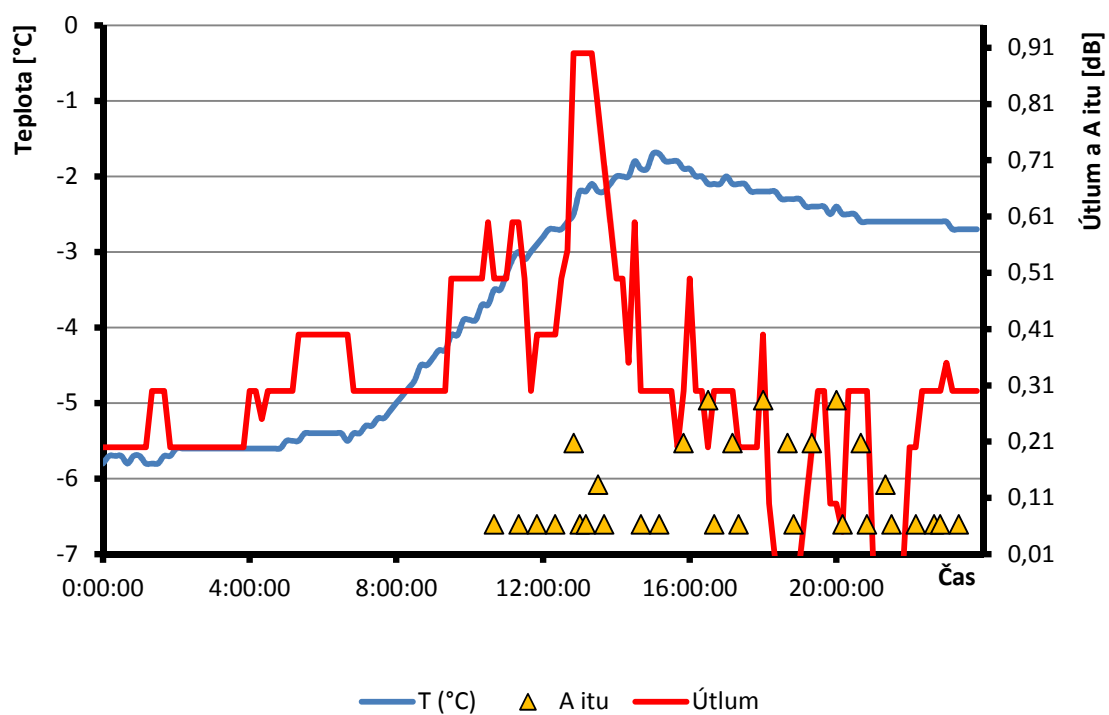
Příloha.Z: Graf z 20.2.2013



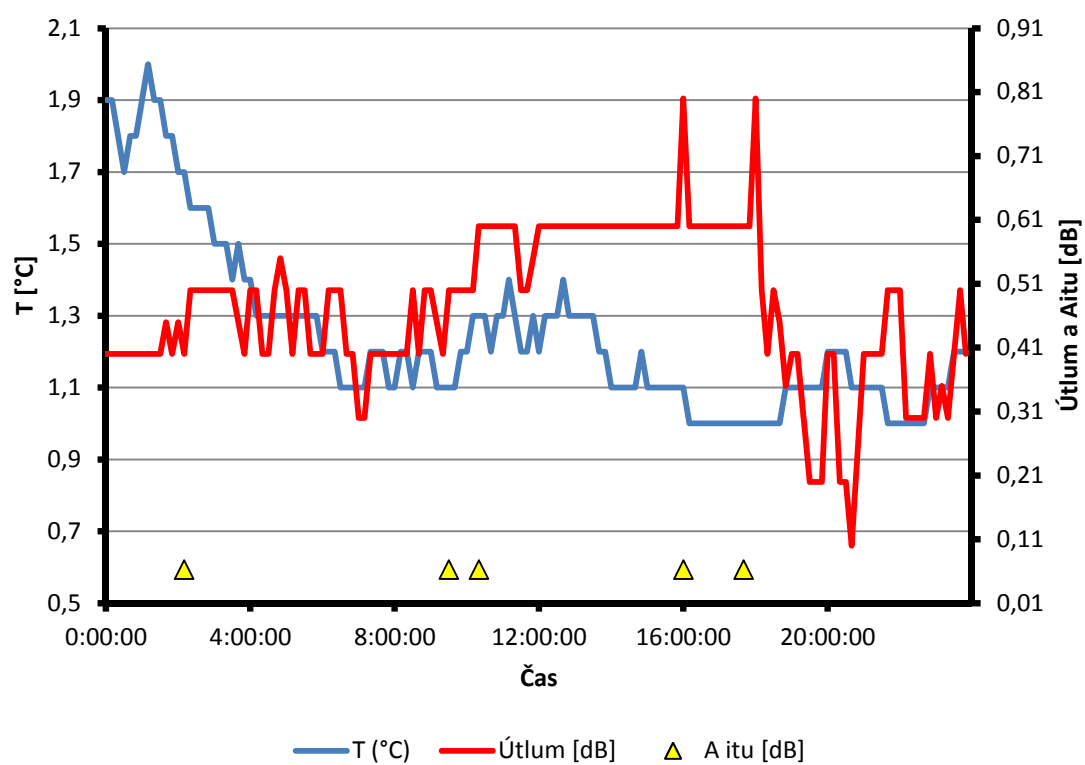
Příloha.AA: Graf z 21.2.2013



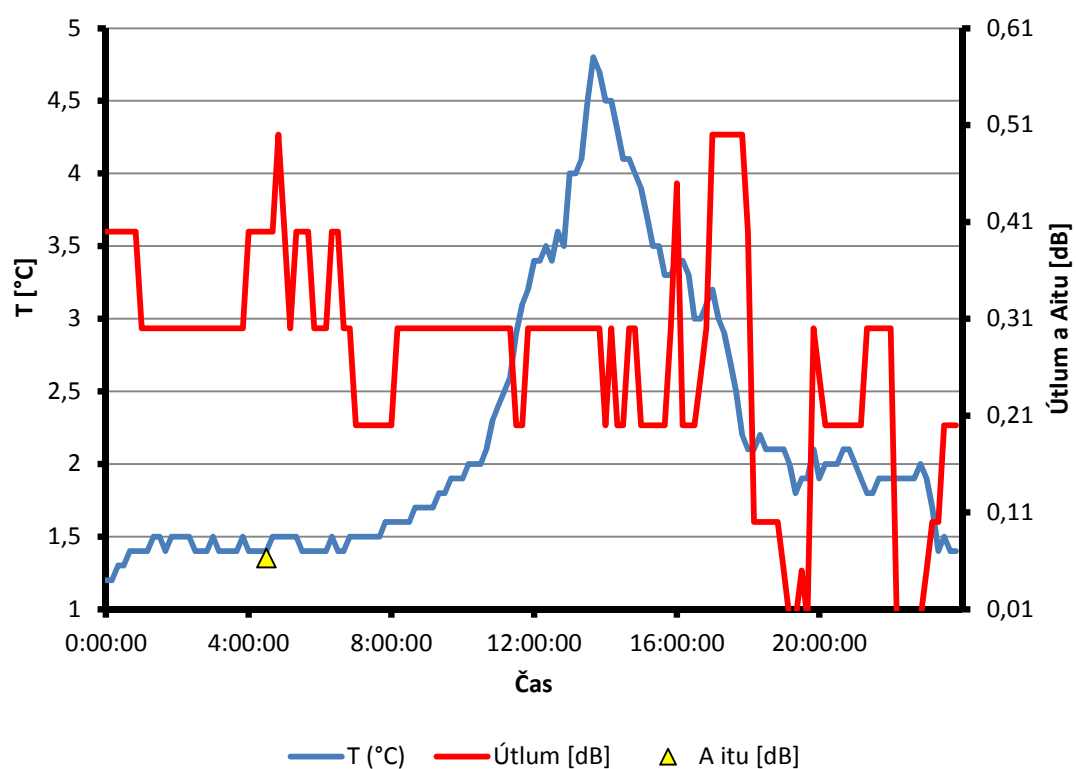
Příloha.BB: Graf z 22.2.2013



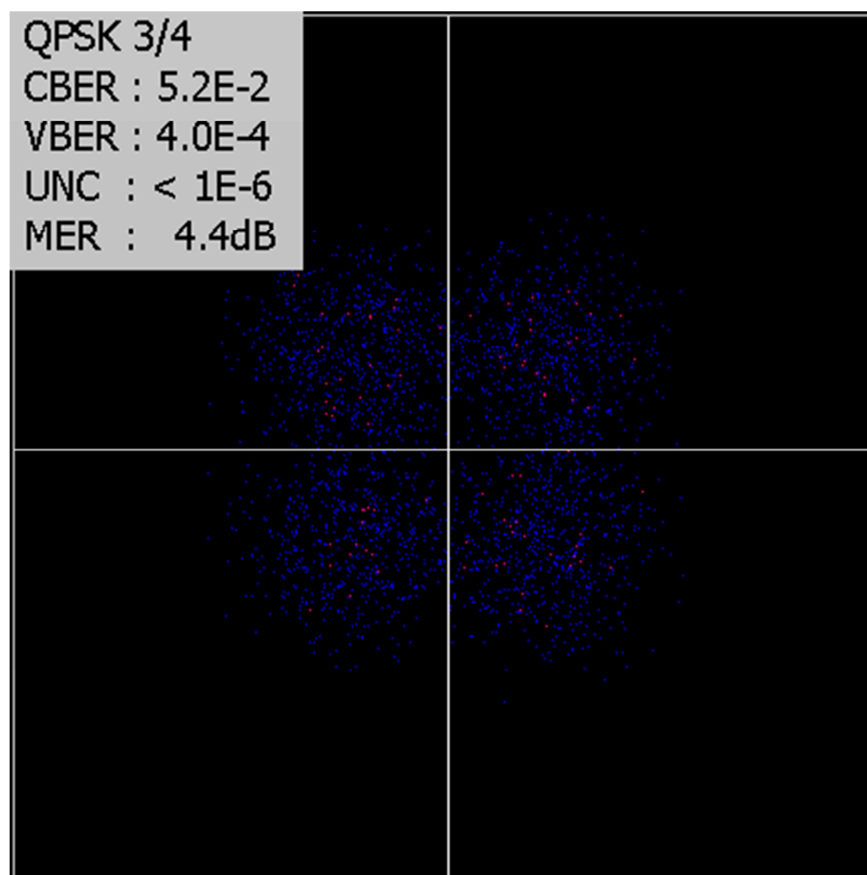
Příloha.CC: Graf z 26.2.2013



Příloha.DD: Graf z 27.2.2013

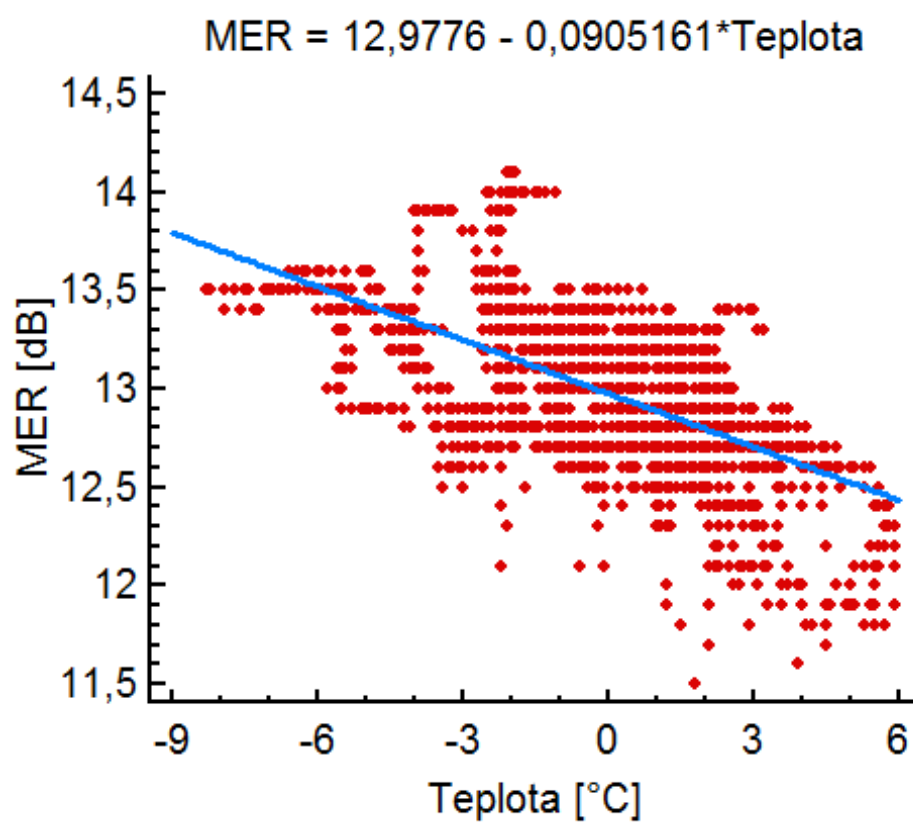


Příloha.EE: Konstelační diagram QPSK těsně před rozpadem spojení.

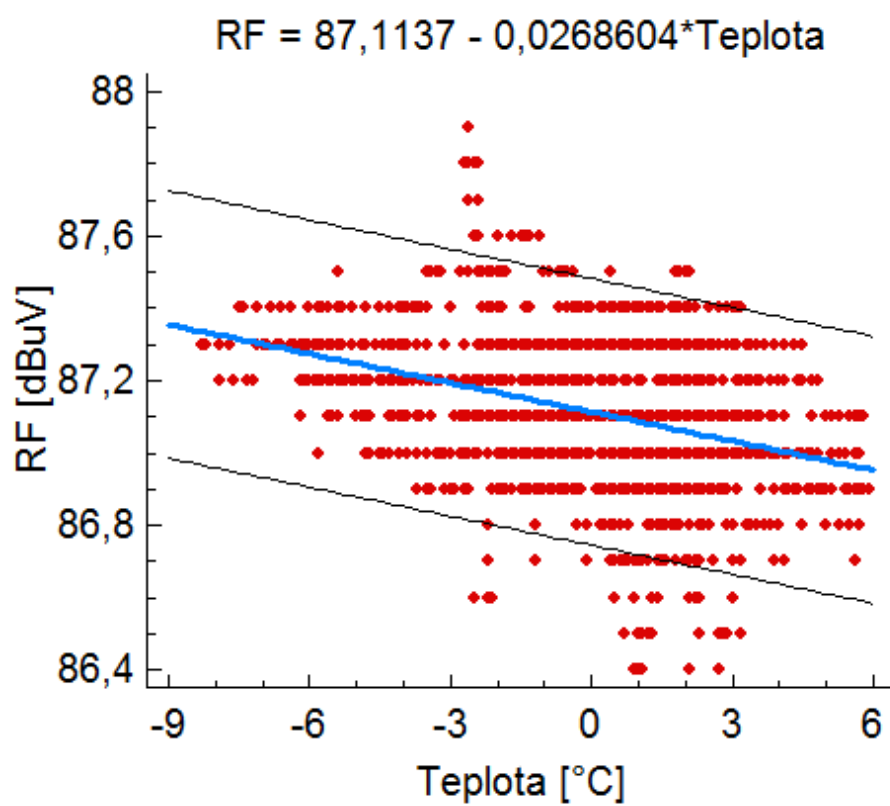


Příloha.FF: Tabulka pásem pro satelitní televizní vysílání

Pásmo	Název	Frekvence [GHz]
C	C-band	3,7 - 4,2
Ku-1	Low-Band	10,7 - 10,95
Ku-2		10,95 - 11,7
DBS	High-Band	11,7 - 12,5
Ku-3		12,5 - 12,75

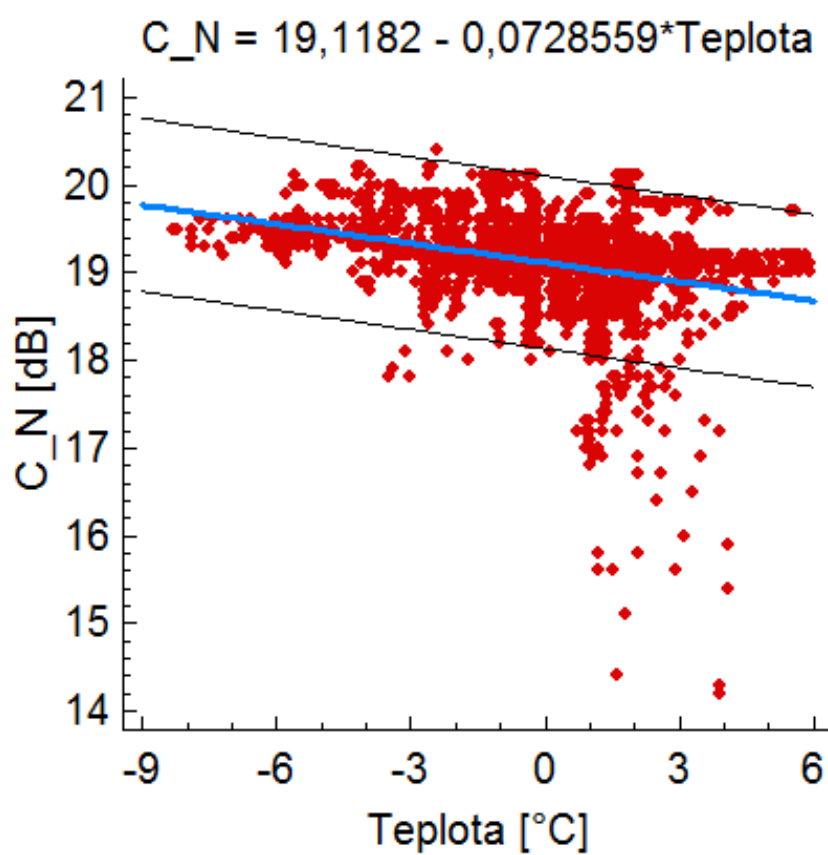


Příloha.HH: Graf závislosti RF na teplotě proložený křivkou



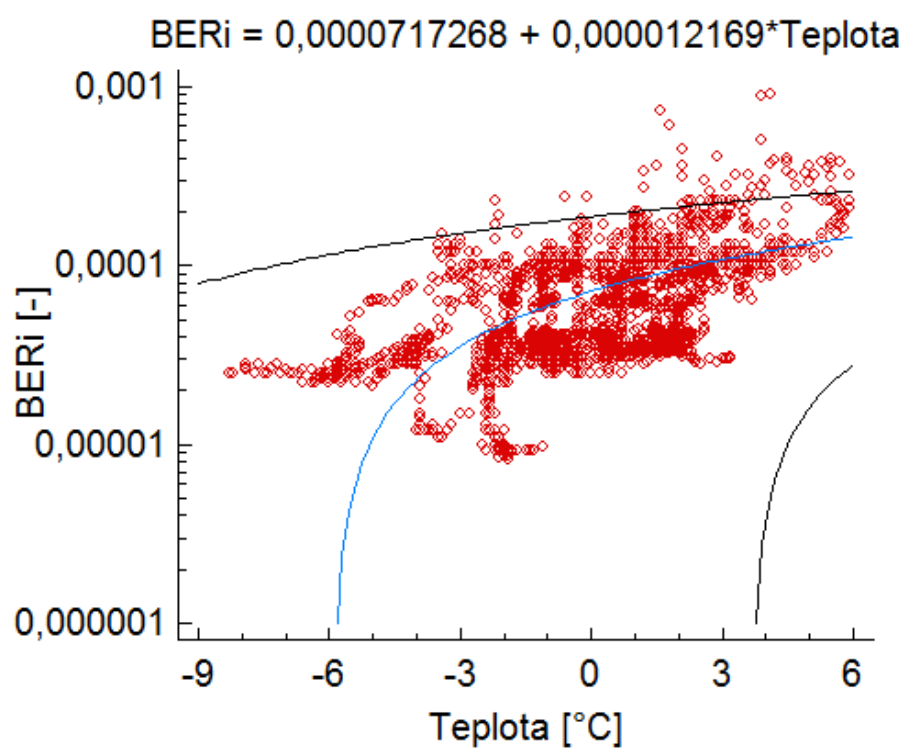
$$R^2 = 10,66\%$$

Příloha.II: Graf závislosti C/N na teplotě proložený křivkou



$R^2 = 10,99\%$

Příloha.JJ: Graf závislosti BER_i na teplotě proložený křivkou



$$R^2 = 19,79\%$$

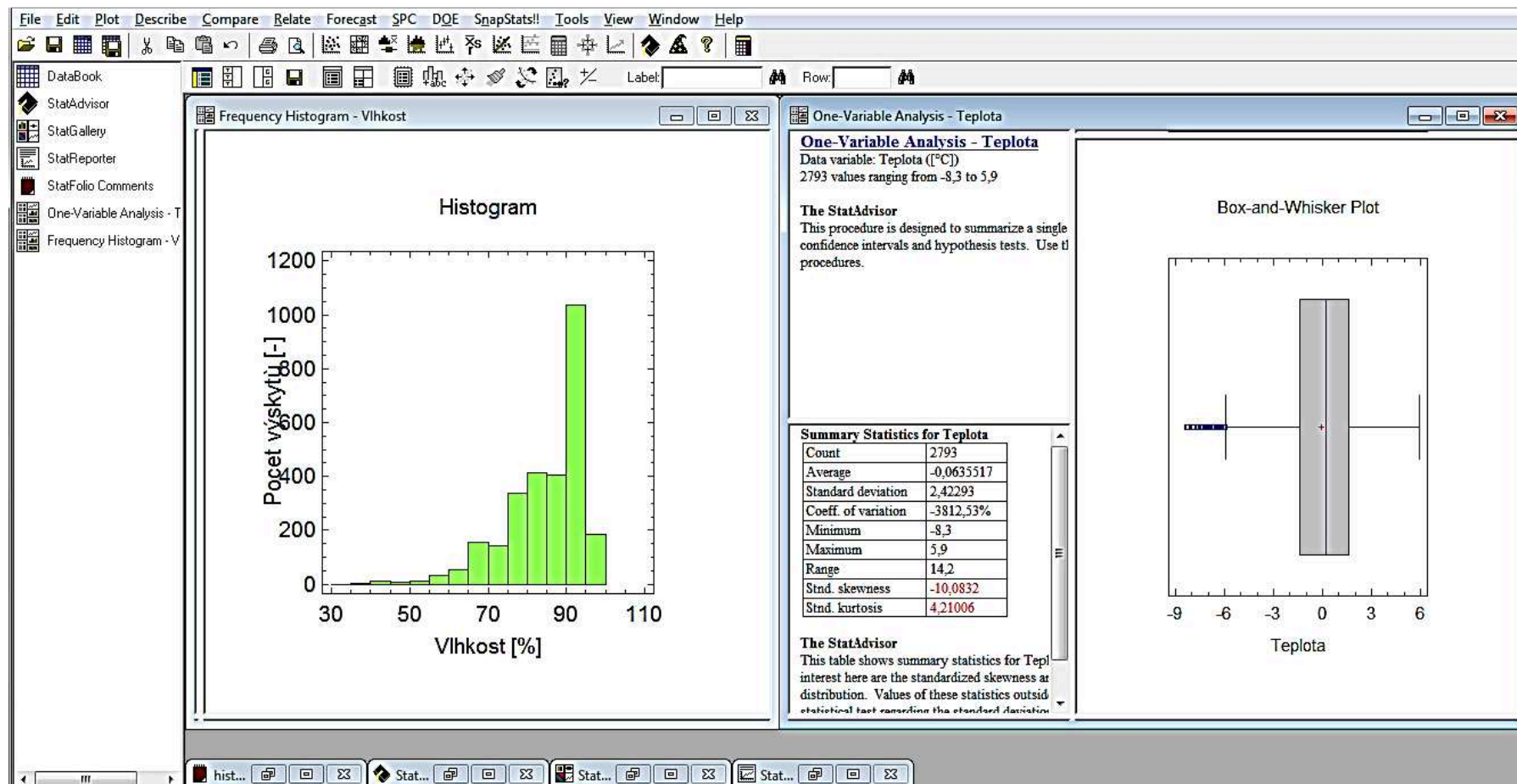
Příloha.KK: Tabulka TV pásem

Televizní pásma		
Název	Označení	Frekvence [MHz]
I. pásmo	BI	47-68
II. pásmo	BII	76-100
III. pásmo	BIII	174-230
IV. pásmo	BIV	470-582
V. pásmo	BV	582-790

Příloha.LL: Parametry analyzátoru DVB

Parametry analyzátoru		
Parametr	Jednotka	Hodnota
Rozsah	MHz	900 - 2150
Krok	MHz	1
Dynamický rozsah	dBμV	30 - 110
Jednotky	-	dBμV, dBmV, dBm, V
Rozlišení	dB	0,1
Přesnost		
Teplota	Chyba	
	Typická	Maximální
23 °C +/- 5 °C	+/- 1 dB	+/- 2 dB
Od -5 °C do 45 °C	-	+/- 4 dB

Příloha.MM: Ukázka z prostředí Statgraphics



Příloha.NN: Ukázka z prostředí Statgraphics

File Edit Plot Describe Compare Relate Forecast SPC DQE SnapStats!! Tools View Window Help

DataBook

StatAdvisor
StatGallery
StatReporter
StatFolio Comments
One-Variable Analysis - T
Frequency Histogram - V

	Intenzita	Teplota	Vlhkost	RF	C_N	BERi	MER	Col_8	Col_9	Col_10
	[mm/hod]	[°C]	[%]	[dBμV]	[dB]	[-]	[dB]			
1	0	-3,8	73	87,2	19,5	3,1e-005	13,3			
2	0	-3,8	74	87,2	19,4	3,2e-005	13,3			
3	0	-3,6	73	87,2	19,4	3,1e-005	13,3			
4	0	-3,4	71	87,2	19,3	3,2e-005	13,3			
5	0	-3,4	72	87,2	19,3	3,2e-005	13,3			
6	0	-3,4	70	87,2	19,2	3,2e-005	13,3			
7	0	-3,4	68	87,1	19,2	3,2e-005	13,3			
8	0	-3,6	72	87,1	19,1	3,2e-005	13,3			
9	0	-4,1	77	87,1	19,1	3,3e-005	13,3			
10	0	-4,3	79	87	19	3,3e-005	13,2			
11	0	-4,3	80	87,1	19,3	3,2e-005	13,3			
12	0	-4,4	81	87,2	19,5	3e-005	13,3			
13	0	-4,4	81	87,2	19,5	3,1e-005	13,3			
14	0	-4,3	81	87,2	19,5	3,1e-005	13,3			
15	0	-4,3	81	87,2	19,4	2,9e-005	13,4			
16	0	-4,2	81	87,2	19,5	2,8e-005	13,4			
17	0	-4,1	82	87,2	19,5	2,8e-005	13,4			
18	0	-4,1	83	87,2	19,4	2,8e-005	13,4			
19	0	-4,1	84	87,2	19,4	2,8e-005	13,4			
20	0	-4,1	85	87,1	19,4	2,8e-005	13,4			
21	1,2	-4	86	87,2	19,5	2,8e-005	13,4			
22	0,6	-3,9	87	87,2	19,5	2,5e-005	13,5			
23	0	-3,8	88	87,2	19,5	2,3e-005	13,6			
24	0	-3,9	88	87,3	19,6	2,1e-005	13,6			
25	0	-3,9	89	87,3	19,6	1,8e-005	13,7			
26	1,8	-3,9	90	87,3	19,6	1,5e-005	13,8			

mm histogram B C D E F G H I J